

**GEOMORFOLOGIA E EVOLUÇÃO QUATERNÁRIA DA CALHA
DO ALTO RIO PARANÁ, NO SEGMENTO LIVRE DE
BARRAMENTOS, ENTRE OS RESERVATÓRIOS DE PORTO
PRIMAVERA E ITAIPU**

Rafaela Harumi Fujita

Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Rio Claro

2014

GEOMORFOLOGIA E EVOLUÇÃO QUATERNÁRIA DA CALHA DO ALTO RIO PARANÁ, NO SEGMENTO LIVRE DE BARRAMENTOS, ENTRE OS RESERVATÓRIOS DE PORTO PRIMAVERA E ITAIPU

Rafaela Harumi Fujita

Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente

Rio Claro

2014

551.4a Fujita, Rafaela Harumi
F961g Geomorfologia e evolução quartenária da Calha do Alto
Rio Paraná, no segmento livre de barramentos, entre os
reservatórios de Porto Primavera e Itaipu / Rafaela Harumi
Fujita. - Rio Claro, 2014
110 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: José Cândido Stevaux

1. Geomorfologia. 2. Unidades geomorfológicas. 3.
Influência estrutural. 4. Eventos climáticos. 5. Equilíbrio
dinâmico. I. Título.

Ata de defesa

RAFAELA HARUMI FUJITA

**GEOMORFOLOGIA E EVOLUÇÃO QUATERNÁRIA DA CALHA
DO ALTO RIO PARANÁ, NO SEGMENTO LIVRE DE
BARRAMENTOS, ENTRE OS RESERVATÓRIOS DE PORTO
PRIMAVERA E ITAIPU**

**Tese de Doutorado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Doutora em Geociências e Meio
Ambiente.**

Comissão Examinadora

PROF. DR. JOSÉ CÂNDIDO STEVAUX (orientador)

PROF. DR. MARIO LINCOLN DE CARLOS ETCHEBEHERE

PROF. DR. ANTONIO ROBERTO SAAD

PROF. DR. MAURO PAROLIN

PROF. DR. FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO

Rio Claro, SP 30 julho de 2014.

"O rio atinge os seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos".

(Lao-tsé)

Dedico este trabalho

*A meus pais Lauro e Francisca e minha irmã Sayuri
pelo amor, carinho, auxílio e compreensão em todos
os momentos.*

Agradecimentos

A **CAPES** pela concessão da bolsa, que a mim permitiu tempo de dedicação para os estudos e sem a qual não seria possível atingir meus objetivos acadêmicos, bem como a permissão para que eu pudesse atuar como docente colaboradora na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE);

Ao Professor **Dr. José Cândido Stevaux** por todos estes anos de orientação, ensinamentos, apoio, confiança e amizade, ao meu “pai científico”, a quem admiro por sua ética e profissionalismo;

Ao Professor **Edgardo Manuel Latrubesse** meus sinceros agradecimentos pela confiança e amizade demonstrada ao longo destes anos,

Aos professores, **Alexandre Perinotto, Cesar Moreira, Fabiano Tomazini Conceição, José Landim, Mário Assine e Paulina Riedel** pelos ensinamentos, contribuições e incentivo ao longo do doutoramento;

A todos os colegas de pós-graduação, que juntos partilhamos conhecimentos e momentos de descontração,

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, **Rosângela Vacello**, pela atenção, colaboração, eficiência e amizade no decorrer destes anos;

Ao **GEMA** (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Meio Ambiente – UEM – Universidade Estadual de Maringá) pela utilização das instalações e equipamentos e aos professores **Edvard Elias Souza-Filho, Nelson Louvatto Gaspareto, Marta Luzia de Souza, Manoel Luiz de Souza, Edison Fortes e Susana Volkmer** pelo incentivo e apoio em todos os momentos;

À geógrafa **Maria de Moraes**, por todos os ensinamentos e “puxões de orelha” que me ajudaram muito nesta caminhada, todas as vezes que surgiam obstáculos era de seus conselhos que me recordava;

A **SEMA e CPRM** pela atenção e fornecimento dos dados e informações referentes ao rio Paraná e seus afluentes;

Aos amigos **Aguinaldo Silva, Bruno Camolezzi, Carina Petsch, Daiany Manieri, Diego Turollo, Edilaine Destefani, Edinéia Grizio, Eduardo Moraes, Fernando Dalla Vila, Isabel Leli, Jefferson Baggio, Luiza Daher, Marcos Antonio Varela, Marcos Paulo A. Souza, Marcilei Hickmann, Maria Estela Dalla Vila, Marta Sala, Mauro Parolin, Ordilei de Melo, Pedro França Jr, Rosiani Samia Aquino da Silva, Sandra Betinelli, Valdecir Galvão (Branco), Vanderlei Grze** pelo carinho, amizade, incentivo, conselhos e apoio em todas as horas.

Aos amigos que se tornaram minha família em Rio Claro **Bruno Araújo, Michele Tizuka, Priscila Panzarini Gon e Renato Guerreiro** muito obrigada pela amizade, companheirismo na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, vocês são amigos de uma vida, que mesmo longe sempre estarão guardados nas recordações e no coração, e a **TODOS AQUELES** que também fizeram parte dessa história, meus sinceros agradecimentos;

A todos meus amigos e colegas de trabalho da UNIOESTE, em especial **Cleverson Roelon, Ericson Hideki Hayakawa, Fábio Oliveira Neves, Karin Hornes, Leila Limberger, Márcia R. Calegari, Mateus Pires, Oscar Quinonez, Terezinha Lindino e Vanda Moreira Martins** que me apoiaram e incentivaram essa caminhada, principalmente naqueles momentos em que as coisas pareciam difíceis, sempre estiveram prontos a me auxiliar com uma palavra amiga e de ânimo.

Aqueles que se tornaram minha família, que além de eu ensinar me fizeram aprender mais e mais, me apoiaram em todos os momentos e torceram por mim. A todos os meus alunos e orientados pela energia diária e pelo companheirismo. Em especial a vocês que além de alunos tornaram-se grandes amigos **Beatriz Koefender, Cintia Pires Ineia Nunes, Déborah K. Batista, Elizangela Weber, Josimara Cechin, Lucas Tagliari Brustolin, Thiago R. Mazzarolo, Veronica Rabelo Lima.**

A todos que direta e indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho o meu sincero obrigado;

*E finalmente, àqueles que são meu “Porto Seguro”, as minhas pedras preciosas. Palavras são ínfimas para externar meus agradecimentos. Ao meu pai **Lauro Tikasa Fujita**, minha mãe **Francisca Ferreira Fujita**, que muitas vezes abdicaram de seus sonhos para que os meus pudessem se realizar, ao longo do doutorado procuraram me ajudar mesmo de longe com palavras de conforto nos momentos difíceis e entenderam minhas ausências e meu estado constante de estresse, minha irmã, **Daniele Sayuri Fujita (Uli)**, pessoa que sempre procurei ter como exemplo, aquela que foi minha primeira orientadora, um tanto “carrasca”, mas hoje eu entendo a sua postura e agradeço a isso, obrigada pelos ensinamentos, correções e auxílio. A vocês minha família todo o meu amor e minha eterna gratidão.*

Sumário

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE QUADROS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	11
OBJETIVOS	15
CAPÍTULO I	16
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
CAPÍTULO II	24
MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ALTO RIO PARANÁ.....	24
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS NO ALTO RIO PARANÁ.....	27
UNIDADE PORTO RICO	27
UNIDADE TAQUARUÇU.....	31
EVOLUÇÃO DAS LAGOAS.....	37
UNIDADE FAZENDA BOA VISTA	41
UNIDADE RIO PARANÁ.....	45
UNIDADE GUAÍRA.....	51
UNIDADE PLANALTO DE CAMPO MOURÃO	52
LEQUES ALUVIAIS	52
EVOLUÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ.....	54
MAPA ESTRUTURAL DO ALTO RIO PARANÁ	59
CAPÍTULO III	62
EVIDÊNCIAS TECTÔNICAS NO ALTO RIO PARANÁ.....	62
MATERIAIS E MÉTODOS	65
RESULTADOS.....	67
RIO IVINHEIMA	71
RIO AMAMBAÍ.....	72

RIO IGUAATEMI	75
EVIDÊNCIAS DE DESAJUSTE FLUVIAL NOS RIOS DO FLANCO LESTE DO VALE DO ALTO RIO PARANÁ.....	79
RIO IVAÍ.....	79
RIO PIQUIRI	83
RIO SÃO PEDRO	86
RIO PAIXÃO	86
RIO PACARAI.....	88
DISCUSSÃO	90
CAPÍTULO IV	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÊNDICE 1	109
APÊNDICE 2	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da bacia do Prata.	16
Figura 2 - Mapa de localização do alto rio Paraná, trecho entre a jusante do reservatório de Porto Primavera ao início do reservatório de Itaipu. Fonte: TM/Landsat. (R5G4B3)	18
Figura 3 Mapa geológico da área em estudo.	19
Figura 4 Mapa hidrográfico da área de estudo.....	21
Figura 5 Localização dos pontos de controle de campo e dos pontos utilizados dos trabalhos utilizados.	26
Figura 6 Imagem da Unidade Porto Rico para caracterização de seu relevo suave.....	29
Figura 7 Unidade Porto rico possui como característica sedimentar rochas areníticas, solos arenosos composta por colinas suaves.....	29
Figura 8 Imagem da Unidade Taquaruçu, em detalhe as lagoas de tamanhos diversos.	32
Figura 9 Em detalhe o nível de cascalho que se desenvolve na base da unidade Taquaruçu	32
Figura 10 Fotografia aérea mostrando o contato entre as unidades mapeadas por Santos et al (2008) na foz do rio Ivaí. Fonte: Santos et al, 2008.....	33
Figura 11 Afloramento da Unidade Taquaruçu na barranca do rio Paraná, próximo a Porto Natal-PR. Fonte: Guerreiro, 2011.	34
Figura 12 Afloramento da Unidade Taquaruçu na BR 163, sentido MS.	36
Figura 13 Ponto de amostragem a Unidade Taquaruçu aflora logo após a Unidade Rio Paraná	37
Figura 14 Em A pode-se verificar a Unidade Taquaruçu, as lagoas possuem diâmetro maior e são mais esparsas. Enquanto em B, na Unidade Taquaruçu Ivinheima há uma maior densidade de lagoas e com menor diâmetro. Fonte: Google Earth (Acesso: 20/02/2014)	38
Figura 15 Estágios principais de coalescência definidos por Guerreiro (2011): 1º) interligação por pequenos canais rasos; 2º) interligação das lagoas com transgressão das margens, formando charcos ou lagoas com formatos irregulares; e 3º) formação de drenagens tributárias.....	40

Figura 16 Imagem da planície fluvial do alto rio Paraná, com detalhe para a Unidade Fazenda Boa Vista Alta e Baixa. Onde: A- Unidade Fazenda Boa Vista Baixa, B- Unidade Fazenda Boa Vista Alta, C- Unidade Rio Paraná. Fonte: <i>Google Earth</i> (Acesso: 20/02/2014).	42
Figura 17 Perfil geológico da Unidade Fazenda Boa Vista. Modificado de Souza- Filho & Stevaux (1997).....	44
Figura 18 Imagem ilustrativa da Unidade Fazenda Boa Vista, em detalhe o sistema fluvial meandrante.....	46
Figura 19 Imagem para ilustração das barras na porção central do canal e nas margens de ilhas e do canal. Fonte: <i>Google Earth</i> (Acesso: 30/01/2013).	48
Figura 20 Perfil topográfico da Ilha Mutum – MS, nota-se a configuração ondulada da ilha. Fonte: Corradini et al. (2008)	49
Figura 21 Unidade Rio Paraná, subunidade Rio Paraná Varzea.	50
Figura 22 Imagem Ilustrativa da Unidade Guaíra. Fonte: <i>Google Earth</i> (Acesso: 20/02/2014).	51
Figura 23 Imagem ilustrativa da Unidade Planalto de Campo Mourão. Fonte: <i>Google Earth</i> (Acesso: 20/02/2014).	52
Figura 24 Distribuição dos Leques aluviais ao longo da área de estudo.....	56
Figura 25 Síntese dos estudos dos principais modelos de superfícies de aplainamento realizados no Sul e Sudeste do Brasil correlacionando alguns eventos de importância na área de estudos.....	57
Figura 26 Mapa estrutural da área de estudo.....	61
Figura 27 - Gráfico hipotético de um rio para demonstrar áreas com trechos anômalos (em ascensão – A e em subsidência – B), determinados em função da linha de ajuste. (Fonte: FUJITA, 2009).....	66
Figura 28 Perfil longitudinal do rio Paraná.	68
Figura 29 Mapa de localização dos cursos fluviais estudados no âmbito do perfil longitudinal e anomalia de drenagem. Fonte: TM/Landsat. (R5G4B3)	69
Figura 30 Perfil longitudinal do rio Paraná, no segmento de jusante do reservatório de Porto Primavera ao início do reservatório de Itaipu	70
Figura 31 Perfil longitudinal do rio Ivinheima em escala aritmética.	72
Figura 32 Perfil longitudinal do rio Amambaí em escalas aritmética.	73
Figura 33 Perfil longitudinal do rio Iguatemi em escalas aritmética	75
Figura 34 Perfil longitudinal composto do rio Ivaí. Fonte: (FUJITA, 2009)	80

Figura 35 Perfil longitudinal do rio Piquiri em escalas aritmética.....	84
Figura 36 Perfil longitudinal do rio São Pedro em escalas aritmética.....	87
Figura 37 Perfil longitudinal do rio Paixão em escalas aritmética.....	88
Figura 38 Perfil longitudinal do rio Pacarai em escala aritmética.	89
Figura 39 Distribuição das anomalias nos rio Ivinheima, Amambaí e Iguatemi.	95
Figura 40 Espacialização das anomalias de drenagem no rio Piquiri.	96
Figura 41 Espacialização das anomalias de drenagem dos rios São Pedro, Paixão e Pacarai.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Ivinheima	74
Tabela 2Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Amambaí.	77
Tabela 3 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Iguatemi	78
Tabela 4 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Ivaí. RDE. Modificado de FUJITA, 2009.	81
Tabela 5 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Piquiri.	85
Tabela 6 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio São Pedro. RDE.	93
Tabela 7 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Paixão. RDE.....	93
Tabela 8 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Pacarai. RDE.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Quadro Resumo de pontos de datação na Unidade Porto Rico (modificado de Sallun et al, 2007).	30
Quadro 2 Síntese dos eventos climáticos do Quaternário no alto rio Paraná. .	58

RESUMO

Os resultados desta tese foram obtidos a partir da sistematização dos trabalhos realizados no sistema fluvial alto rio Paraná somados ao mapeamento geomorfológico e estrutural da área em estudo e a aplicação de alguns estudos morfométricos, delineados no perfil longitudinal e aplicação do Índice de Hack para alguns cursos do alto rio Paraná, com o intuito de compreender a evolução geomorfológica desse sistema fluvial, no trecho livre de barramentos. O vale aluvial do alto rio Paraná foi compartimentado em seis unidades geomorfológicas: Porto Rico, Taquaruçu, Fazenda Boa Vista, Rio Paraná, Guaira e Planalto de Campo Mourão. A **Unidade Porto Rico** corresponde as áreas de depósitos coluviais associados ao intemperismo da Formação Caiuá. A **Unidade Taquaruçu** caracterizada por apresentar pequenas lagoas com diâmetros variados, material predominantemente arenoso, moderada quantidade de argila dispersa e um nível de cascalho, desenvolvida em sua base. As lagoas sobre esta unidade são originadas a partir do controle tectônico associado a processos resultantes de iluviação/eluviação. A **Unidade Fazenda Boa Vista** constitui um terraço aluvial escavado em antigos depósitos do rio Paraná em condições de fluxo mais enérgico, encontram-se charcos e paleocanais parcialmente recobertos por depósitos de leques aluviais. A **Unidade Rio Paraná** constitui a planície aluvial ativa do rio Paraná. A **Unidade Guaira** localiza-se na margem esquerda do rio Paraná, possui a mesma textura e toponímia da subunidade Rio Paraná Várzea, porém o que a diferencia é o material sedimentar, proveniente de rochas da Formação Serra Geral. **Unidade Planalto de Campo Mourão** apresenta características semelhantes a Unidade Porto Rico, mas se desenvolve sobre as rochas da Formação Serra Geral, acredita-se que esta unidade seja a mais antigas das unidades mapeadas. **Leques aluviais** foram identificados em vários segmentos da área de estudo, sua formação está relacionada a períodos de aridez e controle tectônico. A evolução do sistema fluvial Alto rio Paraná, segue as bases das teorias geomorfológicas, que para que ocorra evolução de um sistema é necessário as fases de deformação crustal (atividade tectônica), câmbios climáticos e ação do tempo. O alto rio Paraná ao longo do Quaternário foi influenciado por eventos climáticos áridos,

ocorridos entre 40.000 a 20.000 anos AP e 3500 a 1500 anos AP, e eventos climáticos úmidos, ocorridos entre 8000 a 3500 anos AP e 1500 anos AP até os dias atuais. Ao analisar os cursos fluviais presentes na área de estudo, sob a ótica do equilíbrio dinâmico, verificamos que todos os cursos fluviais estão em desajustados. Estes desajustes bem como as anomalias de 2ª ordem estão associados ao controle estrutural presentes na área de estudo, assim como o encontro dos canais com afluentes de maior porte. As anomalias de 1ª ordem identificadas estão relacionadas ao Pleistoceno, período que o alto rio Paraná esteve influenciado por atividades tectônicas. Conforme os resultados obtidos, foi possível verificar que o alto rio Paraná, no trecho estudado, é fortemente marcado pela influencia estrutural regional, em função do desenvolvimento das unidades geomorfológicas e feições associadas (lagoas e leques), bem como com a análise dos cursos fluviais.

Palavras chave: Alto rio Paraná, unidades geomorfológicas, influencia estrutural, perfil longitudinal, eventos climáticos.

ABSTRACT

The results of this thesis were obtained from the systematization of the work carried out in the upper Paraná River basin added to the geomorphological and structural mapping of the area under study and application of some morphometric, outlined in longitudinal profile studies and application Hack Index listing some courses the upper Paraná River, in order to understand the geomorphological evolution of this fluvial system, the stretch without dam. The alluvial valley of the upper Paraná River was compartmentalized into six geomorphic units: Porto Rico, Taquaruçu, Fazenda Boa Vista, Paraná River. Guaira and Campo Mourão Plateau. The **Porto Rico Unit** corresponding areas of colluvial deposits associated with the weathering of Caiuá Formation. The **Taquaruçu Unit** characterized by having small ponds with diameters ranging from hundreds to thousands meters diameters, predominantly sandy material, with moderate amount of dispersed clay and a level of gravel, which develops at its base. The ponds developed on this unit seem to be controlled associated tectonic processes resulting from illuviation/eluviation. The **Fazenda Boa Vista Unit** which is an alluvial terrace excavated in ancient deposits of the Paraná River in more energetic flow conditions, displays area of ponds, with the presence of palaeochannels partially covered by deposits of alluvial fans. The **Paraná River Unit** forms the active floodplain of the Paraná River. The **Guaira Unit** is located on the left bank of the Paraná River and has the same texture, and toponymy subunit Paraná River Floodplain, but what differentiates them is the sedimentary material from rocks of the Serra Geral Formation. And finally, the **Campo Mourão Plateau Unit**, this unit presents characteristics similar to Porto Rico Unit, but develops over the rocks of the Serra Geral Formation. It is believed that this unit is the oldest of the mapped area. **Alluvial fans** have been identified in various segments of the study area, its formation is related to periods of aridity and tectonic control. The evolution of the upper Paraná River fluvial system, follows the foundations of geomorphological theories, that to occur evolution of a system phases of crustal deformation (tectonic activity), climatic changes and action time is needed. The Upper Paraná River along the Quaternary was influenced by arid climatic events occurring between 40000-

20000 years BP and 3500-1500 years BP, humid weather events occurred between 8000-3500 years BP and 1500 years BP to the present day. By analyzing waterways in the study area, from the perspective of dynamic equilibrium, we found that almost all channels not graded are misfits. These mismatches and 2nd order anomalies are associated with structural control present in the study area, as well as meeting the channels with larger tributaries. The 1st order anomalies identified are related to Pleistocene, a period that the upper Paraná River was influenced by tectonic activities. According to the results obtained with this work, we found that the upper Paraná River, in the studied stretch, is strongly marked by the regional structural influences, seen in the development of geomorphological units and associated features (ponds and fans), as analysis of the courses river

Keywords : Upper Paraná River, geomorphological units, structural influences, longitudinal profile, weather events.

INTRODUÇÃO

“Um rio antes de uma gênese têm uma herança” (Leopold et al., 1964), dessa forma a instalação de uma drenagem a partir de uma superfície totalmente livre do escoamento superficial é, na maioria dos casos hipotética. Por outro lado, os processos de sua instalação atuam ao longo do tempo geológico e acompanham as mudanças climáticas e tectônicas que afetam a região. Assim, temos que imaginar a formação da rede de drenagem como um processo complexo, contínuo em que a rede de drenagem transforma-se e modifica-se ao longo do tempo (STEVAUX, comunicação pessoal).

Os rios podem ser considerados como sistemas em equilíbrio dinâmico, que apresenta ao longo de sua extensão processos hidrológicos e geomorfológicos condicionados por uma escala espacial e temporal (FUJITA, 2009). Nesse contexto Montgomery (1999) comenta que os processos que ocorrem ao longo dos rios são consequências da combinação de vários fatores, dentre eles o clima, a geologia, topografia e tempo.

O perfil longitudinal dos canais fluviais é um elemento chave para a geomorfologia fluvial e hidrologia, pois reflete declive e gradientes de energia, além de mudanças ao longo do curso fluvial (PHILLIPS & LUTZ, 2008). Representa um elemento muito importante, pois auxilia no entendimento da configuração do sistema atual e também podem indicar estruturas ativas (GORNITZ & SEEBER, 1990), uma vez que os cursos fluviais reagem de modo imediato a qualquer deformação que se apresente na paisagem, mesmo ante àquelas muito sutis, devido à inexorável ação da gravidade (GUEDES, 2008; FUJITA, 2009).

Os cursos fluviais apresentam a curva de seu perfil longitudinal mais ajustada a uma equação logarítmica, não apresentando ao longo de sua extensão nenhum processo de agradação ou entalhe fluvial (ETCHEBEHERE, 2000, FORTES, 2003), quando isto ocorre denomina-se de rios em equilíbrio (*gradedrivers*). Naturalmente, os rios ao longo de seu curso possuem segmentos em equilíbrio (ajustados) e em desequilíbrios (desajustados). Neste contexto, Carlson (1969) ressalta que os trechos em equilíbrio apresentam

inclinações suaves e constantes no perfil longitudinal, já os trechos em desajustes apresentam irregularidades ou mesmo deformações em seu traçado.

Vários autores ressaltam que a concavidade da curva do perfil é a resposta da interação entre a vazão, carga de fundo, carga de sedimento e as características morfológicas do canal ao longo de seu curso. Mas para poder compreender seu traçado é necessário que seja feito um estudo detalhado levando em conta a geologia, a evolução morfogenética, bem como o estudo das mudanças na morfologia, sinuosidade e estrutura de fluxo no canal fluvial (DEMOULIN, 1998).

A aplicação do índice de Relação Declividade vs. Extensão (RDE) é escassa na literatura, principalmente no Brasil. Etchebehere (2000) foi um dos precursores na aplicação deste índice, difundindo este método para a detecção de anomalias em bacias de drenagem, com o intuito de entender a evolução da rede de drenagem e o seu substrato rochoso, que apresenta grande importância para os estudos da paisagem, uma vez que permite comparar rios de diferentes escalas e magnitudes.

O índice RDE constitui como uma importante ferramenta para a identificação de mudanças ao longo do canal fluvial, que podem ser influenciadas por diversos fatores, dentre eles: confluência de tributários, variações na resistência à erosão do substrato rochoso, erosão remontante por mudança brusca em nível de base à jusante ou ainda por deformações neotectônicas locais ou na bacia de drenagem (ACKLAS Jr. et al., 2003).

A partir do ano de 2000, a aplicação desta metodologia começou a se difundir no Brasil, sendo empregados em diversos estudos geomorfológicos, como na bacia do rio Pirapó (MARTINEZ, 2004), na bacia do ribeirão Anastácio (GUEDES et al, 2006 e GUEDES, 2008) e na bacia do rio Ivaí (FUJITA, 2009). Acredita-se que as técnicas utilizadas para este trabalho possibilitem uma avaliação rápida, eficaz, e de baixo custo de aplicação acerca do quadro neotectônico em áreas intracratônicas (ETCHEBEHERE, 2000), além de permitir em avançar em termos quantitativos acerca destas deformações (ETCHEBEHERE et al., 2004).

A bacia do Prata é um dos principais conjuntos fluviais do mundo e o segundo da América do Sul, superado apenas pela bacia amazônica. É formada pelas bacias hidrográficas dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai que juntos drenam área correspondente a 10,5% do território brasileiro (ORFEO & STEVAUX, 1994). Desde a nascente, no sudeste brasileiro até a foz, junto ao Oceano Atlântico percorre além do Brasil quatro países, sendo eles: Paraguai, Argentina, Uruguai e Bolívia.

Os grandes rios do Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiro pertencem praticamente a uma única bacia hidrográfica, a bacia hidrográfica do rio Paraná, que possui uma extensão em território brasileiro de mais de 1.428.000km². O rio Paraná é o responsável pela maior demanda de água para o setor industrial do Brasil, bem como o maior em potencial energético, pois conta com um potencial estimado em cerca de 100.000 MW, por meio da geração de energia hidrelétrica (ANA, 2009).

Em função de características individualizadas, o rio Paraná pode ser dividido em alto curso do rio Paraná, médio curso do rio Paraná e baixo curso do rio Paraná. O segmento que corresponde ao “Alto rio Paraná” compreende 619 km de extensão, que abrange da confluência dos rios Grande e Paranaíba ao município de Guaíra- PR. No entanto, o alto rio Paraná encontra-se represado em quase sua totalidade, em território brasileiro, restando para o rio Paraná, apenas 200 km de trecho livre que se desenha entre a barragem de Porto Primavera, na raia divisória dos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, e o lado de Itaipu, na fronteira entre o Brasil e o Paraguai.

Muito se sabe sobre os processos e depósitos fluviais, bem como sobre a morfologia do canal e da planície de inundação, contudo, são relativamente raros os trabalhos que envolvem o perfil longitudinal de um sistema fluvial em sua totalidade. Mais escassos ainda são os estudos que relacionam o perfil longitudinal com o substrato rochoso e a estruturação geológica. Nesse sentido, estudar parte de um dos principais sistemas fluviais do mundo, se torna de grande valia.

Além disso, este trabalho é de grande contribuição à sistematização dos estudos da calha do alto rio Paraná, principalmente os relacionados à sua

planície de inundação, pois além fornecer informações que auxiliarão na compreensão da dinâmica atual e da evolução geomorfológica deste importante sistema fluvial brasileiro irá resgatar todos os estudos já realizados na área, dando ênfase ao trecho a jusante da foz do rio Ivaí, que abrange o Parque Nacional de Ilha Grande, trecho este que apresenta carência de informações, nos aspectos geológicos, geomorfológicos, estudos quaternários na área.

Acredita-se que a calha do rio Paraná encontra-se em processo de ajustamento em função das mudanças climáticas que ocorreram no Quaternário associada à tectônica e, atualmente, pela influência das grandes obras de engenharia.

Esta tese está sistematizada abordando, no primeiro capítulo a caracterização geral da área de estudo, dando ênfase à bacia hidrográfica do Paraná, no trecho entre Porto Primavera e Guaíra. No segundo capítulo apresentam-se os resultados do mapeamento geomorfológico estrutural, realizado na calha do alto rio Paraná. O terceiro capítulo compreende a apresentação dos resultados obtidos pela análise dos perfis longitudinais e aplicação do índice de Hack de alguns afluentes do rio Paraná, em sua margem direita e esquerda. Por fim, o quarto capítulo serão apresentadas as conclusões a respeito dessa tese.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Compreender a evolução geomorfológica da calha Alto rio Paraná, em seu trecho livre de barramentos, que corresponde o fragmento entre a barragem de Porto Primavera (UHE Engº Sérgio Motta) ao início do Lago do reservatório de Itaipu, nas imediações do município de Guaíra - PR.

Objetivos Específicos

- Compartimentar a área de estudo em unidades geomorfológicas;
- Datar as unidades de modo obter a cronologia dos eventos formadores;
- Analisar o perfil longitudinal de alguns afluentes do rio Paraná, por meio do seu perfil longitudinal e da aplicação do índice de RDE;
- Compreender a influência da tectônica regional do sistema alto rio Paraná;
- Cotejar os mapeamentos e trabalhos realizados na área nas últimas duas décadas com os resultados obtidos neste trabalho de modo produzir uma síntese integrada.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Prata é um dos maiores sistemas fluviais do mundo e o segundo da América do Sul, superada apenas pela bacia Amazônica. Com uma área de 3,2 milhões de km², é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai que juntos drenam correspondente a 10,5% do território brasileiro (ORFEO & STEVAUX, 1994) (Fig. 1). Desde a nascente de sua drenagem principal – o rio Paraná, no sudeste brasileiro até a foz, junto ao Oceano Atlântico, a bacia do Prata percorre Brasil o Paraguai, Argentina, Uruguai e Bolívia. No Brasil, abrange os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ANA, 2009).

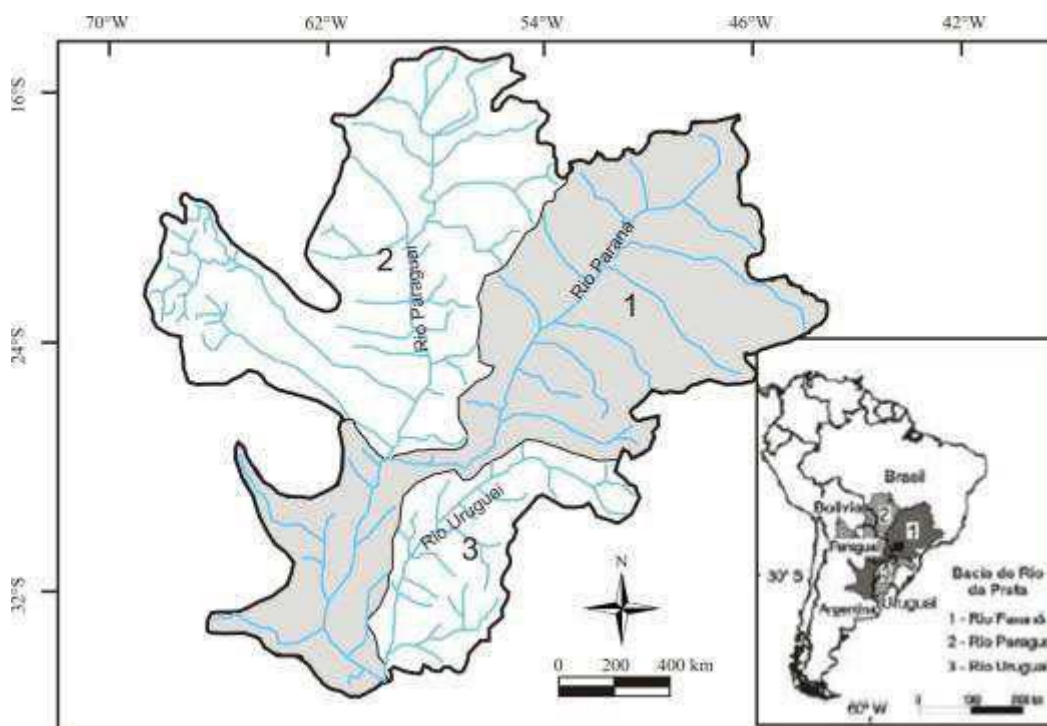


Figura 1- Mapa de localização da bacia do Prata.

O rio Paraná, em seu alto curso, constitui-se um rio de planalto, ou seja, possui grande potencial hidráulico, o que potencializa a geração de energia

elétrica, principalmente em território brasileiro. Em terras argentinas, após a confluência do rio Paraguai, um rio de planície, torna-se um rio navegável, transformando-se no rio mais importante da América do Sul economicamente. Nos sistemas hidrográficos do Paraná e Uruguai as águas não somente são utilizadas para a geração de energia e navegação, mas também na agricultura, para irrigação, e no abastecimento de água potável, para o consumo tanto doméstico como industrial.

A área de estudo compreende o vale fluvial do alto rio Paraná, que se localiza entre o segmento a jusante da UHE Porto Primavera e o início do reservatório de Itaipu, nas imediações do município de Guaíra, no estado do Paraná (fig. 2).

Neste trecho o rio corre sobre as rochas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), do Grupo Caiuá e os depósitos aluvionares (fig. 3). Recentemente Sallun et. al (2007) individualizou o alto rio Paraná 2 unidades aloestratigráficas. Para os autores, os depósitos quaternários do Alogrupo Alto Rio Paraná é constituído de sedimentos colúvio-aluviais, sendo dividido em Aloformação Paranaíba, composta por depósitos coluviais; e a Aloformação Paraná, composta por depósitos aluviais .

Segundo a classificação de Santos et. al., (2006), a área de estudo está situada na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense e compreende as seguintes sub-unidades morfoesculturais: Planaltos de Campo Mourão, Planalto de Umuarama, Planalto de Cascavel, Planalto de São Francisco, Planalto de Foz do Iguaçu e na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar Cenozóica e Depressão Tectônica que compreende a sub-unidade morfoescultural Planícies Fluviais. De acordo com os mesmos autores, em geral as formas de relevo predominantes são de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em V.

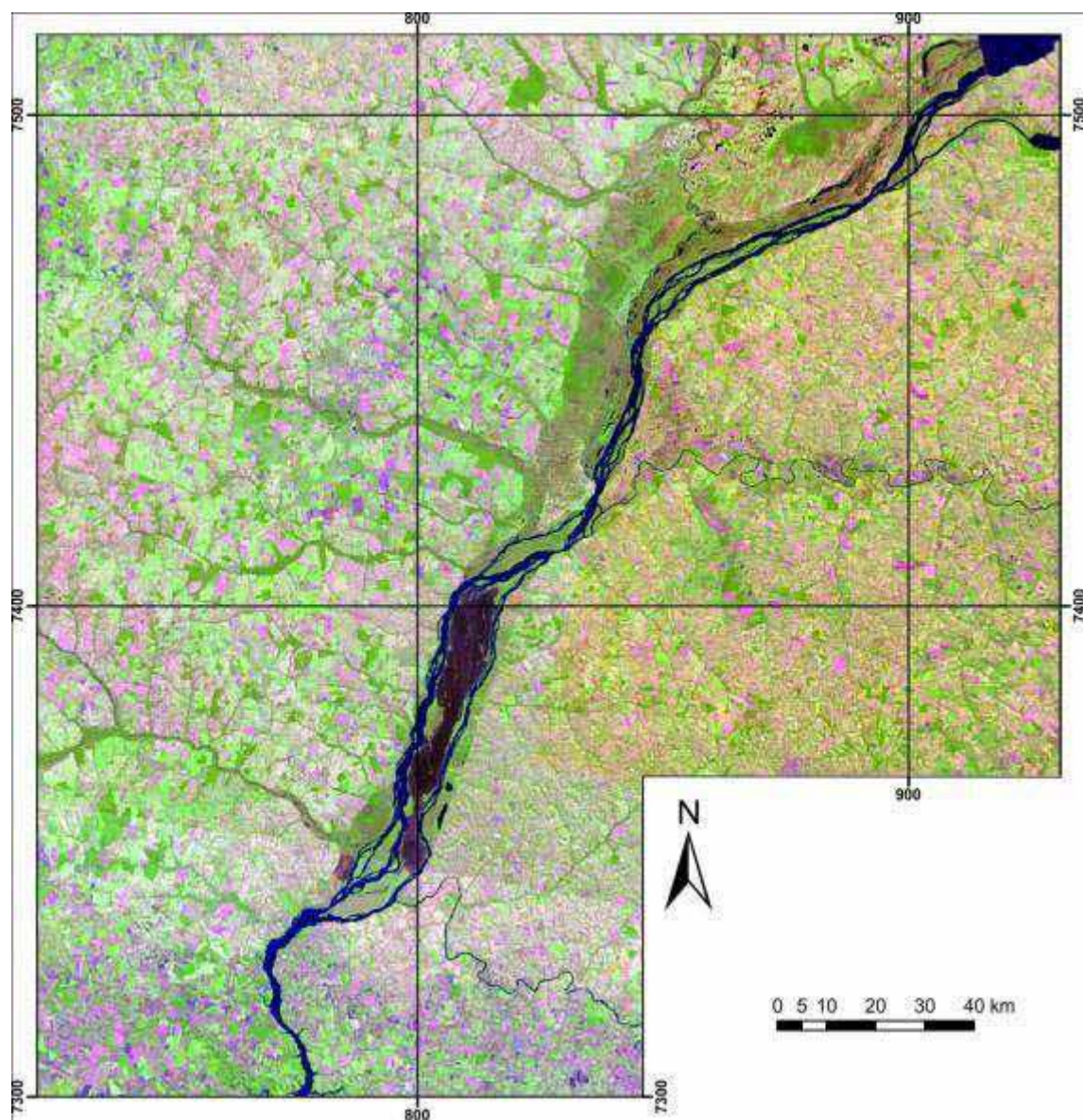


Figura 2 - Mapa de localização do alto rio Paraná, trecho entre a jusante do reservatório de Porto Primavera ao início do reservatório de Itaipu. Fonte: TM/Landsat. (R5G4B3)

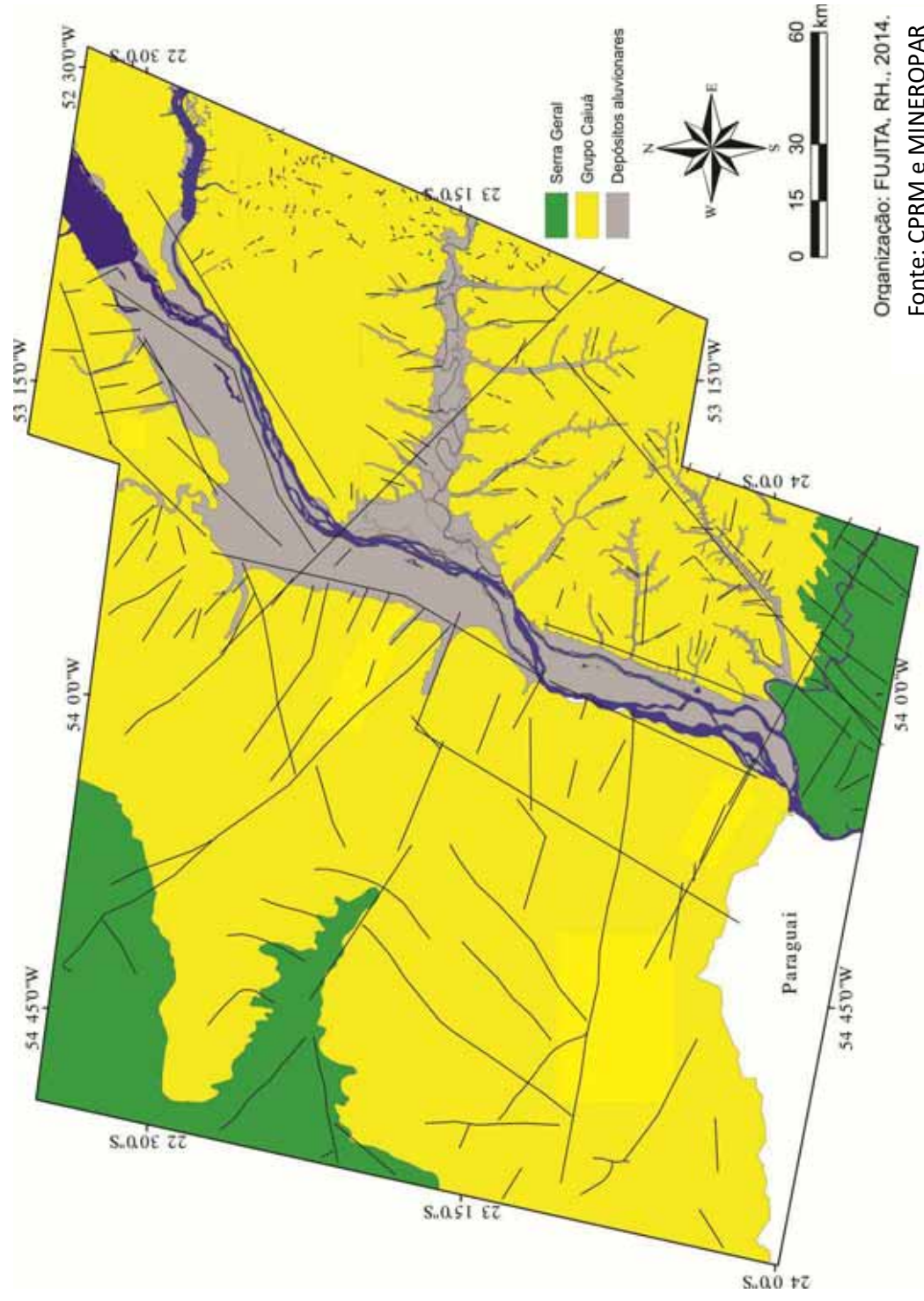


Figura 3 Mapa geológico da área em estudo.

Stevaux (1993) compartimentou o alto rio Paraná em quatro unidades geomorfológicas denominadas Unidade Rio Paraná, Unidade Fazenda Boa Vista, Unidade Taquaruçu e Unidade Porto Rico, no trecho entre a foz do rio Paranapanema às imediações da foz do rio Ivaí. Já Souza-Filho (1993) compartimentou a área que compreende a foz do rio Paranapanema ao início do reservatório de Itaipu em três níveis de Terraços, assim denominados: Terraço alto, Terraço médio e Terraço baixo; planície fluvial e canal ativo.

O alto curso do rio Paraná apresenta uma ampla planície de inundação, que varia de 4 a 10 km de largura, quase que exclusivamente em sua margem direita. Stevaux (1993) comenta que as planícies se abrem de forma triangular nas desembocaduras dos principais afluentes da margem direita que atingem até 30 km de extensão, isso somado ao desvio do canal do rio para a margem esquerda indica o controle tectônico (IRIONDO & SCOTTA, 1988), controle esse gerado por bloco com basculamento ascendente que influencia o alargamento da planície (POTTER & STEVAUX, 1988).

De acordo com Souza-Filho (1993)

“a área em estudo é compartimentada em pelo menos seis blocos tectônicos principais separados por estruturas que condicionam a calha do rio Paraná e seus principais afluentes”.

Na área de estudo, o rio Paraná recebe diversos afluentes entre os quais se destacam Rio Ivinheima, Rio Amambaí e rio Iguatemi na margem direita, e Rios Paranapanema, Ivaí, Piquiri na margem esquerda. Os afluentes do rio Paraná apresentam um padrão de drenagem variado sendo observado rios com padrão dendrítico, retangular, paralelo e em treliça. Há um visível ajuste da drenagem ao arcabouço estrutural, tendo as redes de drenagem em sua maioria encaixada nas falhas e fraturas, como é possível verificar na figura 4.

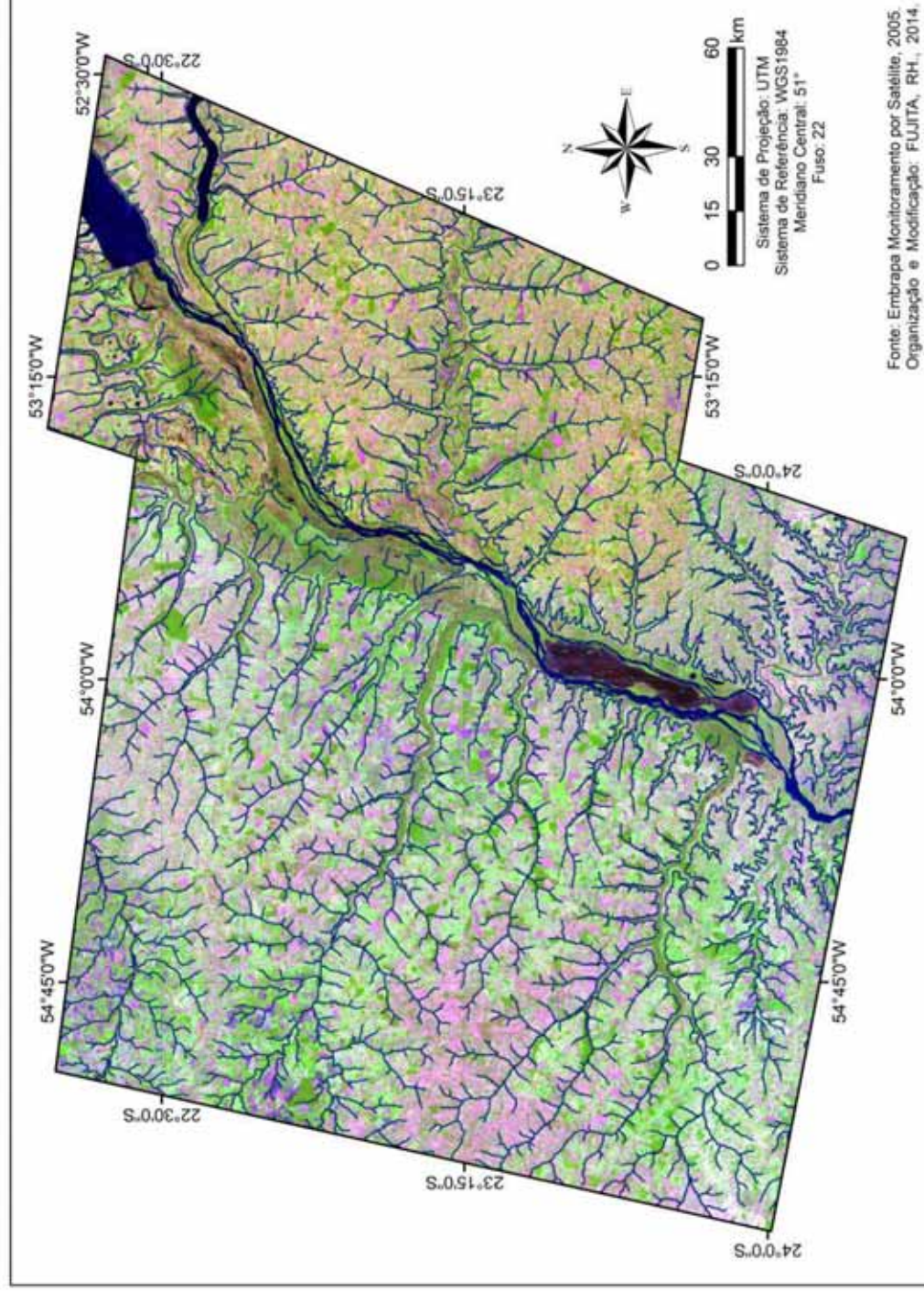


Figura 4 Mapa hidrográfico da área de estudo.

A região é caracterizada por um clima tropical, com temperaturas médias anuais de 22°C, precipitações médias anuais que oscilam entre 1410 a 1690 mm e vegetação original a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. De acordo com Orfeo & Stevaux (2002) o alto rio Paraná possui vazões médias anuais de 8912 m³/s, apresentando vazões extremas de 33.740 m³/s, ocorrida em 1983, e de 2550 m³/s, ocorrida em 1969.

O rio Paraná têm uma longa história evolutiva associada à separação dos continentes sul americano e africano (POTTER, 1994). A tectônica quaternária evidenciada na área de estudo é considerada muito sutil. Fortes et al. (2007) comentam esta sutileza dificulta ou mesmo impossibilita a compreensão da evolução geomorfológica deste sistema. Inúmeras são as discussões a respeito da evolução da calha do rio Paraná, pesquisas apontam que a evolução do sistema ocorreu por mudanças climáticas, outras por influências tectônicas.

O alto rio Paraná vem sendo estudado em relação à geomorfologia e geologia desde a década de 1930, porém esses estudos não possuíam escala de detalhe. Com o EIA-RIMA da UHE Porto Primavera (Engº Sérgio Motta), deu-se o início aos estudos sistemáticos no alto rio Paraná, principalmente à montante da foz do rio Paranapanema (SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997).

“A década de 1990 marcou o principio dos estudos geológicos e geomorfológicos na planície, bem como no rio Paraná, a jusante da UHE Porto Primavera até a foz do rio Ivaí” (SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997), este segmento possui abundante literatura que abrange estudos relacionados a estratigrafia (STEVAUX, 1993, SOUZA-FILHO, 1993), sedimentologia (STEVAUX, 1993,), evolução de barras fluvias (SANTOS, 2005; SANTOS & STEVAUX, 2000; SOUZA FILHO & RIGON, encaminhado; SANTOS et al., 1992) evolução de ilhas , estudos paleoambientais (PAROLIN & STEVAUX, 2001) de influência de barragens (SILVA, 2007; ARENAS-IBARRA, 2008; ROCHA et al., 1998; HAYAKAWA, 2007), e transporte de sedimentos (MARTINS, 2004) entre outros estudos relacionados a ecologia da planície de inundação.

Este curso do rio Paraná abrange uma das áreas mais importantes do Brasil em termos ecológicos, o Parque Nacional de Ilha Grande, criado em 1997, em função dos grandes impactos dos empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Paraná, como a extinção do Parque Nacional de Sete Quedas, encoberto pelo lado do reservatório de Itaipu e pela existência de um projeto de construção da UHE de Ilha Grande. Apesar de ser uma das áreas mais importantes no Brasil, de fácil acesso e de colonização antiga na região, é pouco explorado pelas pesquisas científicas.

CAPÍTULO II

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ALTO RIO PARANÁ

O mapeamento geomorfológico é uma ferramenta que permite reconhecer as formas do relevo e fazer associações a gênese, estrutura e os processos. De acordo com Oliveira & Chaves (2010) o objetivo do mapeamento geomorfológico é apresentar, de forma sintética elucidativa, as características e atributos relacionados à gênese, forma e cronologia do relevo.

Várias são as metodologias utilizadas para a definição de unidades geomorfológicas em sistemas fluviais, como ligados aos termos genéticos, litoestratigráficos, toponímia, por suscetibilidades a processos erosivos.

Para este estudo, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico dos trabalhos realizados na planície fluvial do alto rio Paraná, principalmente os geológicos e geomorfológicos em busca de uma sistematização das informações disponíveis sobre a calha do alto rio Paraná, uma vez que a maioria dos trabalhos existentes utilizaram nomenclaturas e escalas diferenciadas.

Para a compartimentação geomorfológica da área de estudo foram adotados os mesmos critérios utilizados por Stevaux (1993). A escolha da nomenclatura e critérios utilizados por este autor, deu-se pois a maioria dos trabalhos desenvolvidos na área de estudo seguem a sua compartimentação. As unidades geomorfológicas foram definidas a partir da posição topográfica da unidade de relevo (toponímia), aspectos texturais, estruturais contidas em imagens de satélites (Landsat5 TM , na composição R5G4B3), fotos aéreas e dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission 4) da área em estudo.

Após a definição das unidades geomorfológicas, foi efetuado um reconhecimento de campo para a checagem dessas unidades (fig.5) e coleta de material para datação e análise granulométrica. As amostras para datação foram enviadas para o Laboratório de Vidros e Datação da FATEC-SP, e processadas utilizando método LOE (Luminescência Opticamente Estimulada).

As amostras coletadas para análises granulométricas foram processadas conforme a metodologia descrita por Suguio (1973), utilizando a classificação granulométrica de Wentworth (1922).

Adicionalmente ao mapeamento geomorfológico, foram reunidos em um único mapa estrutural os lineamentos, falhas e fraturas inferidos nos trabalhos de CPRM, dos estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo, MINEROPAR, do estado do Paraná, mas também os resultados disponíveis nos trabalhos de Stevaux (1993), Souza-Filho (1993), Fortes (2003) e Sallun (2007), além disso foram traçados alguns lineamentos visíveis que não haviam sido ressaltados nos trabalhos acima citados.

O objetivo desse capítulo é mapear e caracterizar as unidades geomorfológicas presentes no alto rio Paraná, no trecho que compreende o reservatório de Porto Primavera e o início do reservatório de Itaipu, nas imediações de Guaíra –PR.

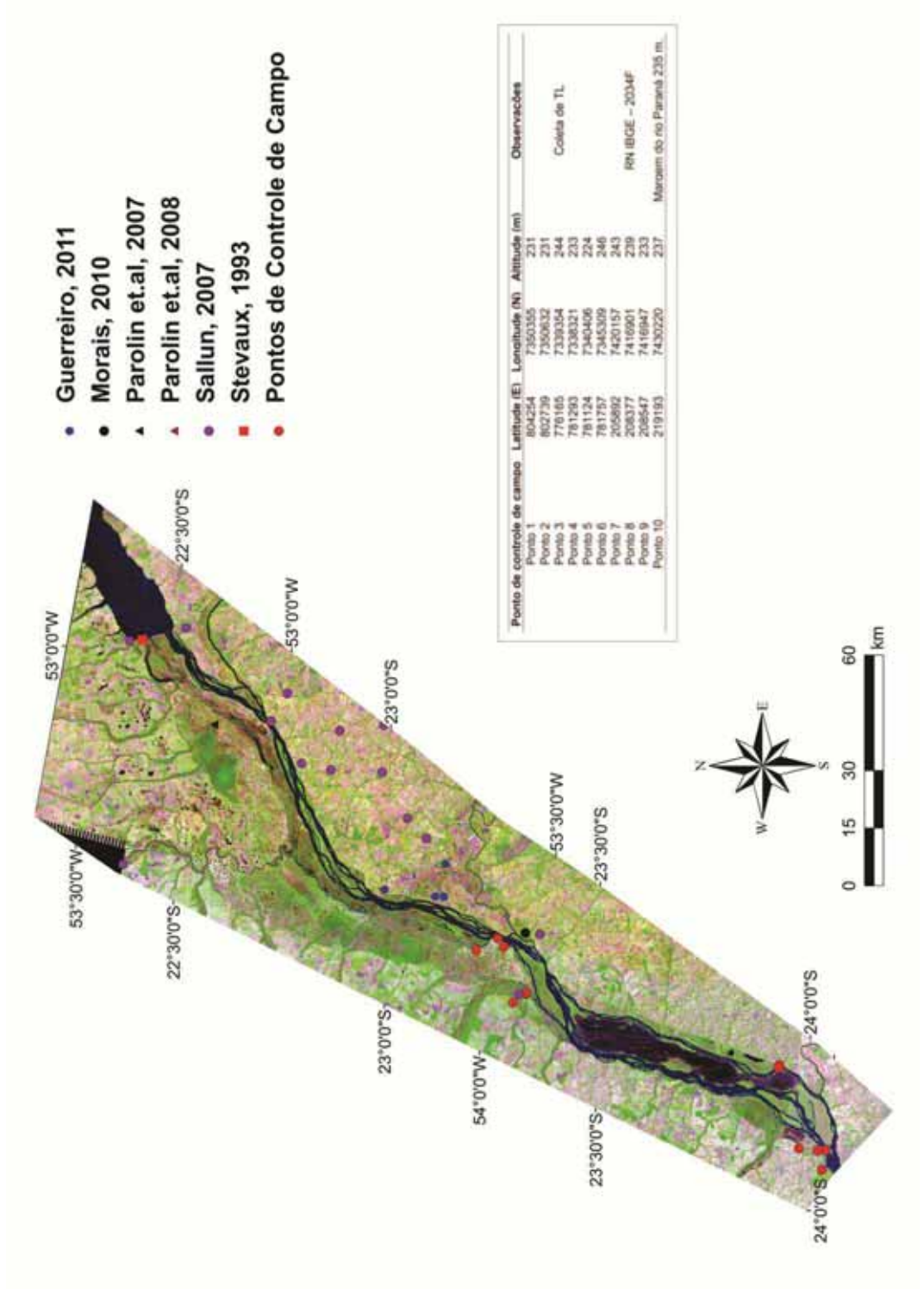


Figura 5 Localização dos pontos de controle de campo e dos pontos utilizados dos trabalhos utilizados.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS NO ALTO RIO PARANÁ

A planície fluvial do alto rio Paraná foi compartimentada em seis unidades geomorfológicas: Unidade Porto Rico, Unidade Taquaruçu, Unidade Fazenda Boa Vista, Unidade Rio Paraná, Unidade Guaíra e Unidade Planalto de Campo Mourão, junto a essas unidades destaca-se a feição Leques Aluviais. A distribuição dessas unidades pode ser visualizada no Apêndice 1 e seus respectivos perfis no Apêndice 2.

UNIDADE PORTO RICO

A unidade Porto Rico foi mapeada em ambas as margens da planície aluvial do rio Paraná. Ela compreende as altitudes que variam de 280 a 400 metros e ocupa uma área de 6182km², distribuída por toda a área em estudo. Possui um relevo de colinas suaves, com caimento sutil para o rio Paraná (fig.6). De acordo com Stevaux (2000) esta unidade tem como característica sedimentar rochas areníticas, solos arenosos e presença de coluviamento e a composta por colinas suaves (fig. 7).

Esta unidade está inserida na Aloformação Paranavaí, pertencente ao Alogrupo Alto Rio Paraná, descrito por Sallun et.al (2007), que é caracterizada por ser depósitos coluviais, que corresponde ao Pd₀ descrito por Bigarella & Andrade (1965) e ao terraço colúvio-aluvial de Suguio et al. (1984), usualmente na literatura é denominada por Formação Paranavaí, pertencente ao Grupo Caiuá. De acordo com Stevaux (1993) a Unidade Porto Rico teve sua gênese por meio dos processos morfoclimáticos, desenvolvidos em clima úmido o qual proporcionou a dissecação do substrato *in situ* ou com transporte restrito (Sallun et al, 2007).

A Formação Paranavaí vem sendo objeto de estudos e controvérsias entre os geocientistas. Pop & Bigarella (1975) consideram a Formação Paranavaí como uma cobertura quaternária arenosa de origem colúvio-aluvial, com a presença de estruturas de dissipação (Sallun, 2007), entendidas como

estruturas geogenéticas ou sedimentares singenéticas (PAISANI, 2001) ou ainda lamelas ou bandas de iluviação, as quais resultariam de processos deposicionais de diferentes idades que seriam retrabalhadas por pedogênese (SANTOS & CASTRO, 2006).

Para alguns autores, a Formação Paranaíba não se encaixaria como uma unidade litoestratigráfica, mas sim uma unidade pedoestratigráfica, como é o caso de Justus (1985), Santos (1997), e Gasparetto (1999).

Para Santos (1997), os depósitos da Formação Paranaíba apresentam um caráter eluvial, igual aos apresentados em argissolos, nos quais essa eluviação está associada às lamelas ou bandas onduladas. Justus (1985) incluiu carapaças e couraças ferruginosas presentes nos divisores de águas das bacias dos rios Ivaí e Piquiri, à Formação Paranaíba, e estas são de origem pedogenéticas. Já para Gasparetto (1999) seriam a Formação Paranaíba formações superficiais, encontradas no noroeste paranaense, originados das rochas do Grupo Caiuá por alteração *in situ*.

As datações realizadas por Sallun (2007) em área que corresponde à Unidade Porto Rico estão alocadas principalmente na margem esquerda do rio Paraná, com exceção ao ponto 27. O quadro 1 indica as coordenadas dos pontos datados e as suas respectivas idades.

Conforme os resultados das datações realizadas no estudo de Sallun (2007) por meio de TL e LOE, a Unidade Porto Rico possui idades que variam de $21,6 \pm 2,5$ a $187,4 \pm 21,4$ A.P.. Em seu estudo a autora não conseguiu definir qual exatamente o período de formação da Aloformação Paranaíba, a qual a unidade Porto Rico está anexada, mas conclui que as idades dos depósitos coluviais indicam que houve episódios múltiplos de aggradação em transições glacial-interglacial, que, para os autores esses episódios teriam ocorrido durante transições climáticas rápidas de terminação glacial e isso estimularia o recuo das vertentes, o que proporcionaria o coluviamento.

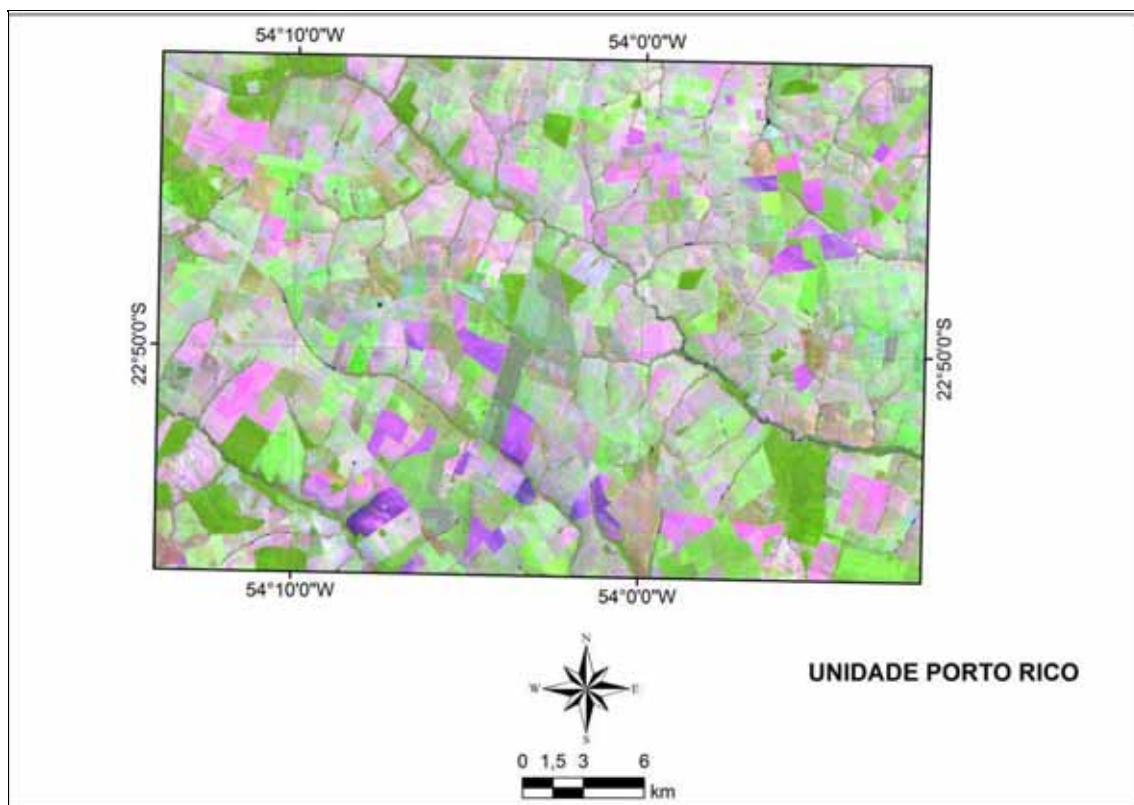


Figura 6 Imagem da Unidade Porto Rico para caracterização de seu relevo suave.



Figura 7 Unidade Porto rico possui como característica sedimentar rochas areníticas, solos arenosos composta por colinas suaves

Quadro 1 Quadro Resumo de pontos de datação na Unidade Porto Rico (modificado de Sallun et al., 2007).

Ponto	Coordenadas Latitude/Longitude	Idade TL (x10³ anos A.P.)	Idade LOE (x10³ anos A.P.)
16	223995 E / 7413919 N	28,6 ± 3,3	33,4 ± 3,9
27	237773 E / 7522776 N	21,6 ± 2,5	47,8 ± 5,5
76	287169 E / 7483582 N	35 ± 4	25,5 ± 2,9
80	266795 E / 7477585 N	113,1 ± 13	109,5 ± 12,6
82	247620 E / 7444370 N	46,9 ± 5,4	146,7 ± 16,9 a 187,4 ± 21,4
85	276645 E / 7456670 N	55,4 ± 6,4	29 ± 3,3

UNIDADE TAQUARUÇU

De todas as unidades geomorfológicas mapeadas, a Unidade Taquaruçu é a que se têm mais estudos. Ela já havia sido mencionada em estudos realizados por Suguio et al (1984), Justus (1985), Justus et al. (1985), Nogueira Jr. (1988) e Stevaux (1993, 1994), Souza-Filho (1993). Nogueira Jr. (1998) em seu estudo denominou esta unidade como sendo Terraço Colúvio-Aluvial, por sua vez Stevaux (1993) a denominou como sendo Unidade Taquaruçu, já Souza-Filho (1993) a denomina como Terraço Médio.

A unidade Taquaruçu está inserida na Aloformação Paranavaí, pertencente ao Alogrupo Alto Rio Paraná, é caracterizada por apresentar pequenas lagoas (fig. 8), com diâmetros variando de 300 a 6000 m (STEVAUX, 2000), desenvolvida em altitudes que variam de 245 a 280m e uma extensão de 122.162 km²,

É constituída de material predominantemente arenoso, com moderada quantidade de argila dispersa, e um nível de cascalho, que se desenvolve na base, ubíquo em toda a área. Sua coloração é predominantemente vermelho acastanhado com variações locais para tonalidades amareladas (STEVAUX, 1994),

como mostra a figura 9.

No estudo realizado por Stevaux (1994), o autor dividiu esta unidade em duas subunidades. Taquaruçu A e Taquaruçu B ou Taquaruçu - Ivinheima.

Taquaruçu A

Terraços com as mesmas características da subunidade Taquaruçu A mapeadas por Stevaux (1993), presença de lagoas e cascalheira basal em contato erosivo com as rochas do Grupo Caiuá, foram identificadas ao longo do trecho em estudado. Esses terraços são observados nas regiões de confluência dos tributários do rio Paraná Ivaí, Piquiri, Amambaí e Iguatemi.

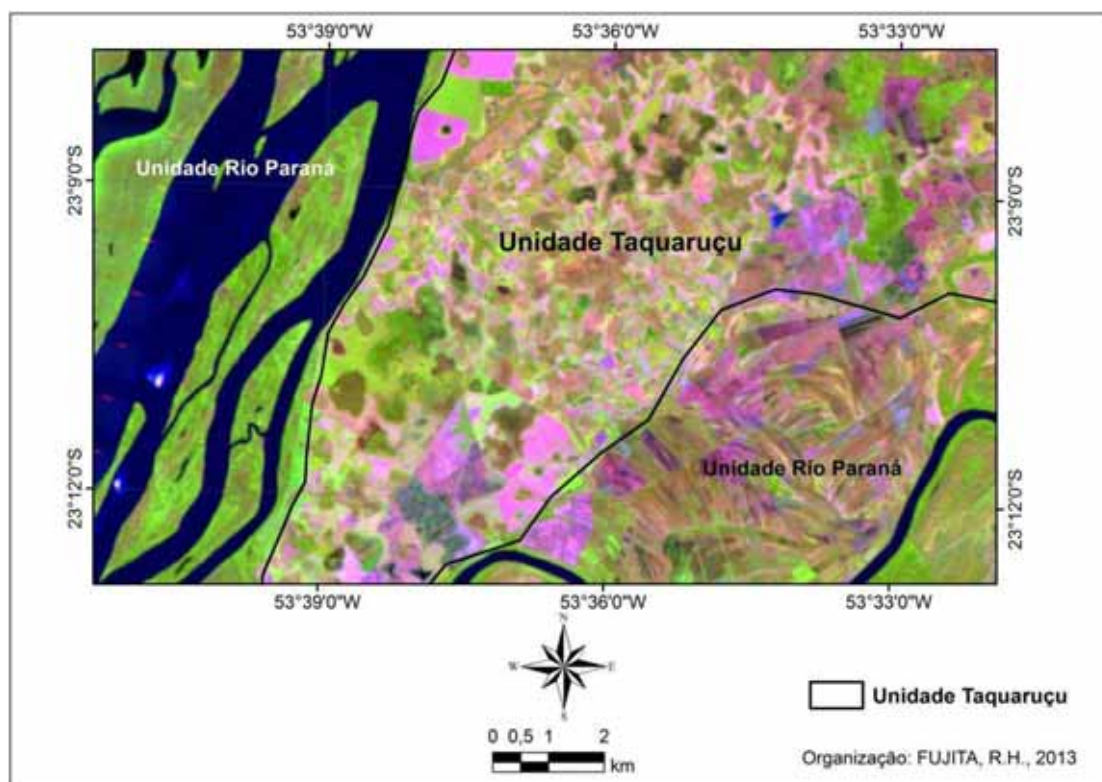


Figura 8 Imagem da Unidade Taquaruçu, em detalhe as lagoas de tamanhos diversos.



Figura 9 Em detalhe o nível de cascalho que se desenvolve na base da unidade Taquaruçu

Estudos realizados por Santos et al (2008) e Guerreiro (2011) na margem esquerda do rio Paraná nas imediações da foz do rio Ivaí reconheceram a subunidade Taquaruçu A e a denominaram de Unidade Terraço Paraná (SANTOS et al., 2008) (fig.10), e Terraço 1 (GUERREIRO, 2011).



Figura 10 Fotografia aérea mostrando o contato entre as unidades mapeadas por Santos et al (2008) na foz do rio Ivaí. Fonte: Santos et al, 2008.

Guerreiro (2011) identificou três terraços, dois na margem esquerda do rio Paraná e um na direita, o perfil que segue (fig. 11) demonstra um dos afloramentos descritos pelo autor, nas proximidades a Porto Natal-PR.

De acordo com Santos et al. (2008) o Terraço Paraná está compreendido entre cotas altimétricas inferiores as reconhecidas por Stevaux (1994), altitudes entre 236 a 241m, para os autores, essas cotas inferiores indicam processos neotectônicos, ou seja, que essa área teria sofrido um

basculamento de blocos e por consequência do rebaixamento nesse local ocorreria o desenvolvimento da planície aluvial.

As datações realizadas por Guerreiro (2011) revelaram idades entre 150.900 ± 32.400 e 50.300 ± 7.900 anos AP, para o autor o Terraço 1 é continuação da Unidade Taquaruçu, subunidade Taquaruçu A, que corroboram com a hipótese de Stevaux (1993) e Kramer & Stevaux (2001) que esses depósitos basais teriam sido formados em períodos mais secos com tendências semiáridas no Pleistoceno Tardio.

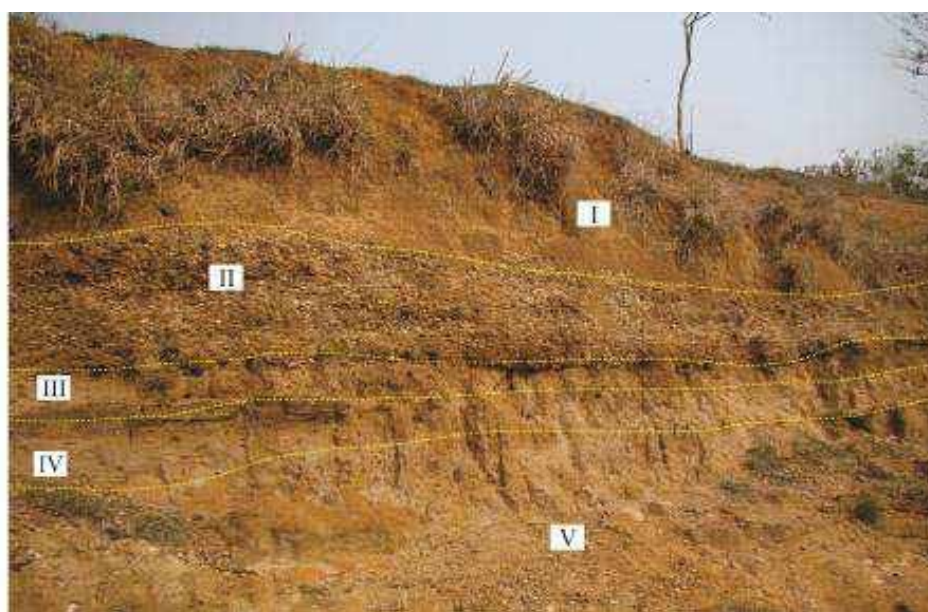
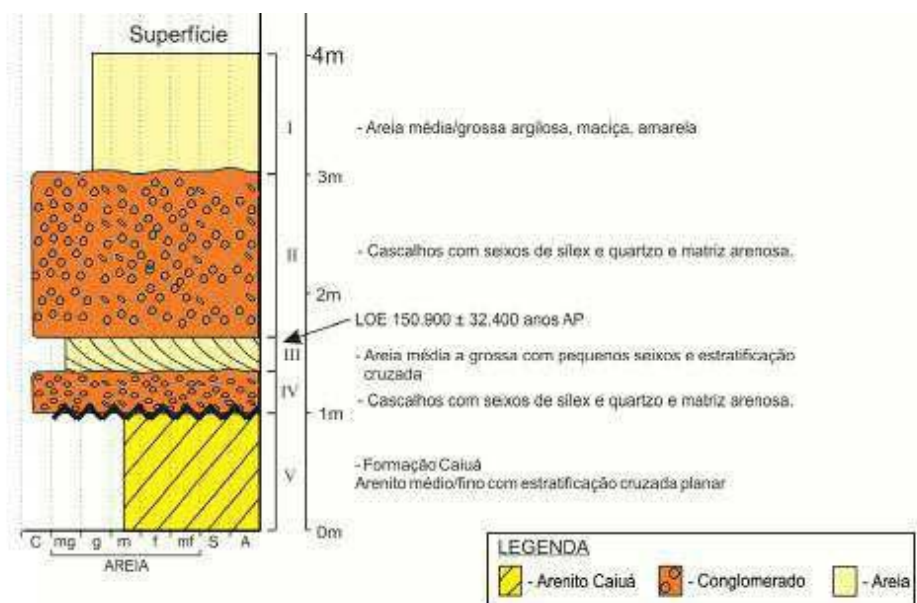


Figura 11 Afloramento da Unidade Taquaruçu na barranca do rio Paraná, próximo a Porto Natal-PR. Fonte: Guerreiro, 2011.

Em campo fora descrito um afloramento na BR 163 e coletado material para datação do terraço que corresponde à zona de influência do rio Iguatemi, que se encontra a uma altitude de 244 m (fig. 12), neste ponto, a unidade Taquaruçu aflora logo após a unidade rio Paraná (fig.13).

As datações do material coletado revelaram idades entre 110.500 ± 12.850 , 115.600 ± 14.400 e 120.900 ± 15.500 anos AP, confirmando a unidade mapeada como sendo Taquaruçu e esse afloramento corresponde a base da unidade, que corrobora com a ideia de Santos (2005) que comenta que os primeiros depósitos fluviais do rio Paraná datam de aproximadamente 120.000 anos AP.

Taquaruçu Ivinheima

Essa subunidade fora separada da unidade Taquaruçu geral por Stevaux (1993) em função dos elementos texturais, como por exemplo, a tonalidade mais clara da área e a quantidade maior de lagoas que variam de tamanhos. Desta forma, como este trabalho dá a continuidade do mapeamento realizado pelo autor acima citado não fora feita nenhuma modificação no mapeamento atual.

A subunidade apresenta uma área de 1069 km², é composta por uma grande quantidade de lagoas de tamanhos variados, como se pode observar na figura 14. A superfície possui uma pendente maior para o rio Paraná, do que a unidade Taquaruçu principal. A medida que se direciona a sudoeste da unidade é possível observar uma maior quantidade de lagoas, muitas delas foram drenadas para uso agrícola, em função da composição argilosa do fundo. Já as lagoas maiores, devido às formas alongadas sugerem herança de uma antiga drenagem, em função da coalescência das lagoas.

Afloramento BR 163

776165 E / 7339354 N

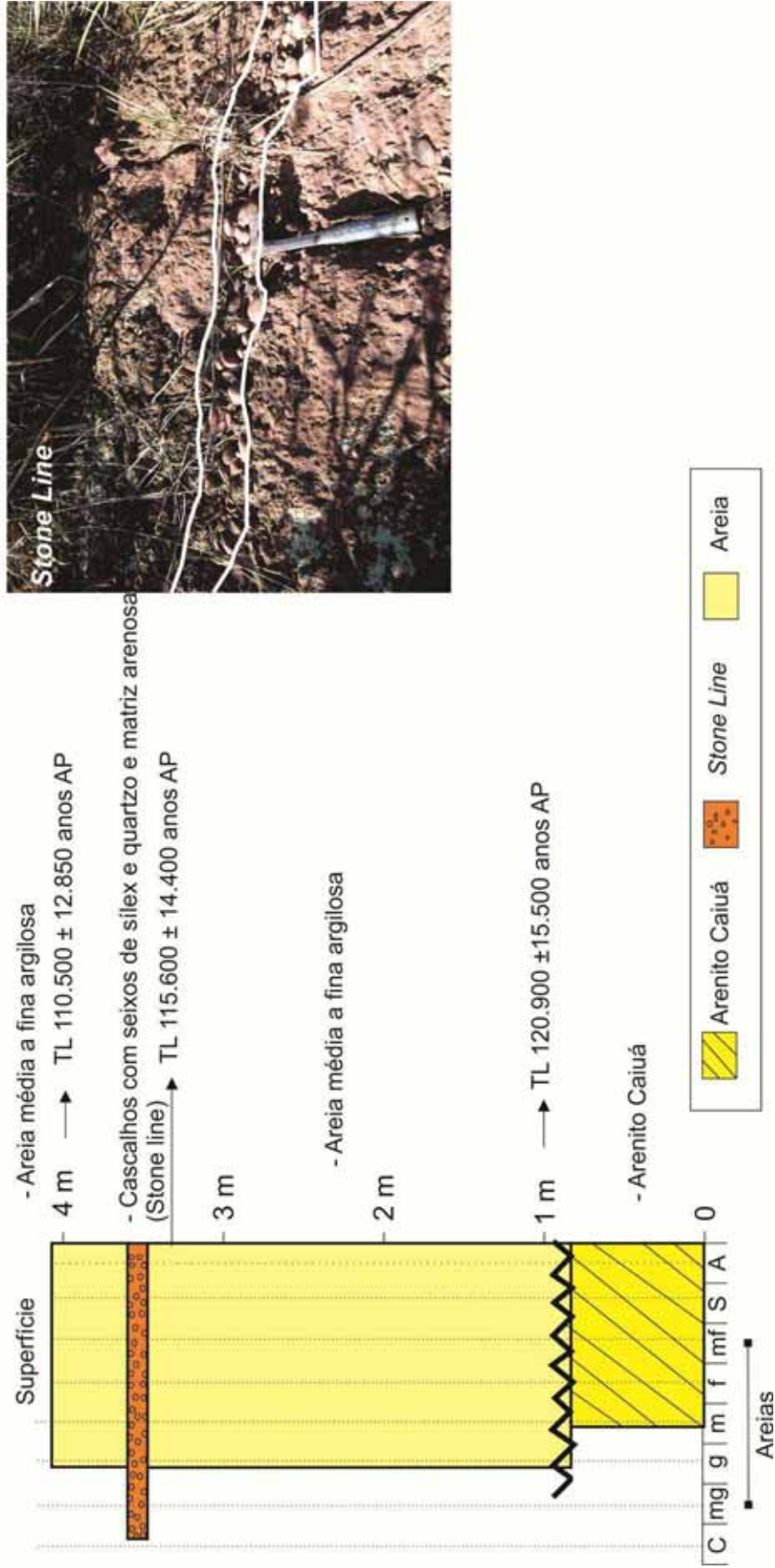


Figura 12 Afloramento da Unidade Taquaruçu na BR 163, sentido MS.



Figura 13 Ponto de amostragem a Unidade Taquaruçu aflora logo após a Unidade Rio Paraná

EVOLUÇÃO DAS LAGOAS

Várias são as discussões sobre as possibilidades de origem e evolução das lagoas localizadas na Unidade Taquaruçu.

Stevaux (1993) sugere que as lagoas tem sua gênese por processos pseudocársticos (morfologias cársticas desenvolvidas em rochas não carbonáticas ou dolomíticas, que sofreram processos de dissolução química, ou estão influenciadas por condicionantes estruturais), os quais também ocorrem no Médio Curso do Rio Paraná, mas também podem ser resultado do assoreamento de antigas redes de drenagem.

Ferreira (1997) acredita que as lagoas originam por processos fluviais ideia refutada por Parolin (2006) que não diagnosticou registros de sistemas lóticos nessas lagoas por meio de estudos de espículas de esponjas, para uma das três lagoas que estudou na planície.

Fortes et al (2007), sugeriu que a formação dessas lagoas estariam relacionadas as intensas atividades de eluviação provocadas por processos pedogenéticos. Assim, Fontana (2009) procurou por meio da aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica entender a origem e evolução das

lagoas da unidade Taquaruçu. Em seu estudo verificou que existe a participação dos processos pedogenéticos na ampliação das lagoas, por meio da migração de argila, mas não conseguiu confirmar que ocorreria etchplanação na área em estudo.

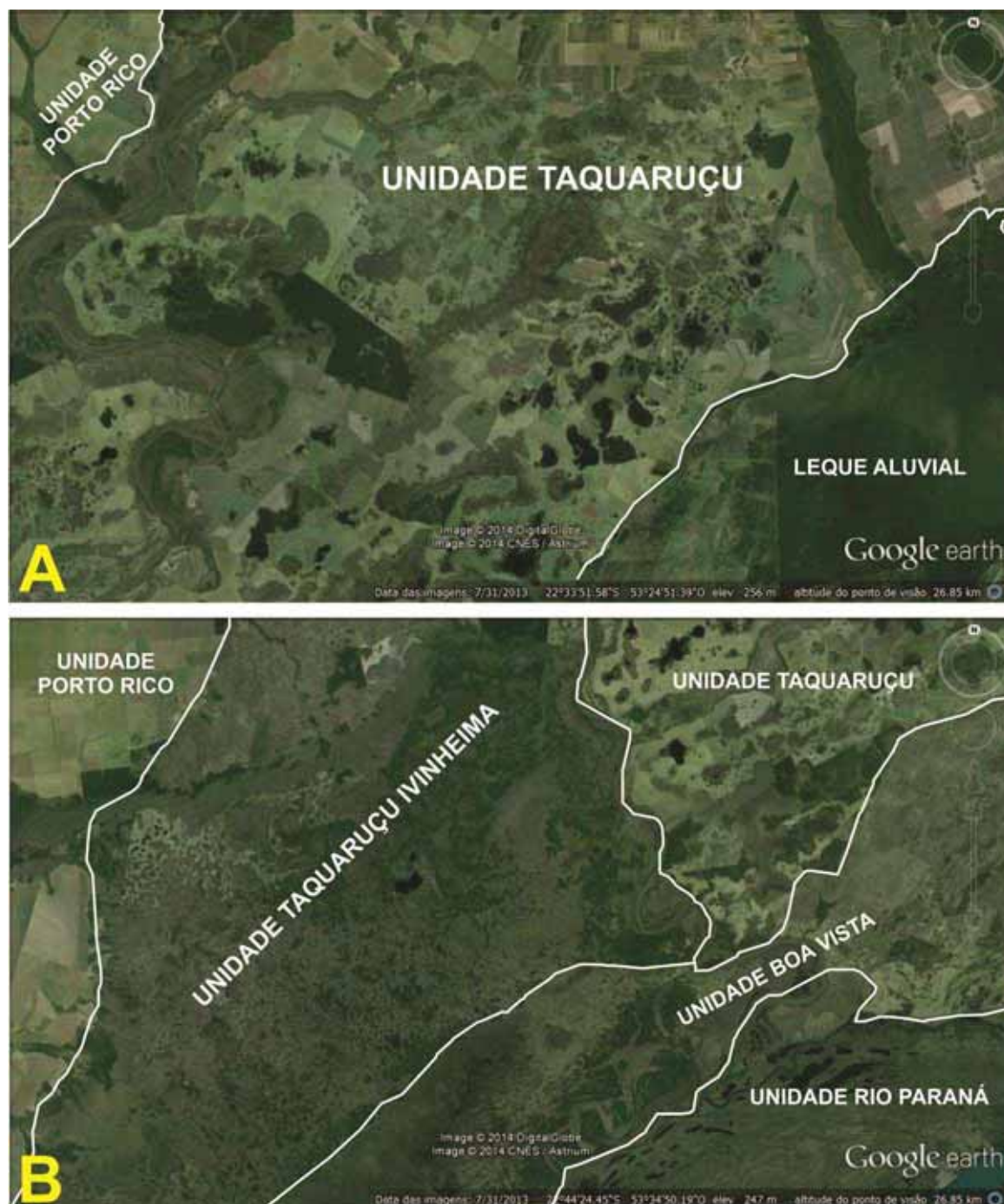


Figura 14 Em A pode-se verificar a Unidade Taquaruçu, as lagoas possuem diâmetro maior e são mais esparsas. Enquanto em B, na Unidade Taquaruçu Ivinheima há uma maior densidade de lagoas e com menor diâmetro. Fonte: Google Earth (Acesso: 20/02/2014)

Acredita-se que as lagoas desenvolvidas na Unidade Taquaruçu se originaram por processos resultantes de iluviação/eluviação, como identificados por Fontana (2009), mas também como resultados da ação tectônica na área.

O sistema de falhas e fraturas observado na região, possui orientação preferencial NE/SW, o que auxiliou ao desenvolvimento de processos pseudocársticos. Em uma possível deformação crustal, a região haveria sido falhada e fraturada. Em um ambiente mais úmido, a água intensificou o processo de iluviação do material, o que propiciou a formação dessas lagoas, e em estágio mais avançado, por meio de coalescências levou a um processo de formação de corpos hídricos.

Guerreiro (2011) propôs os estágios de coalescência das lagoas do Taquaruçu, conforme observa na figura15.

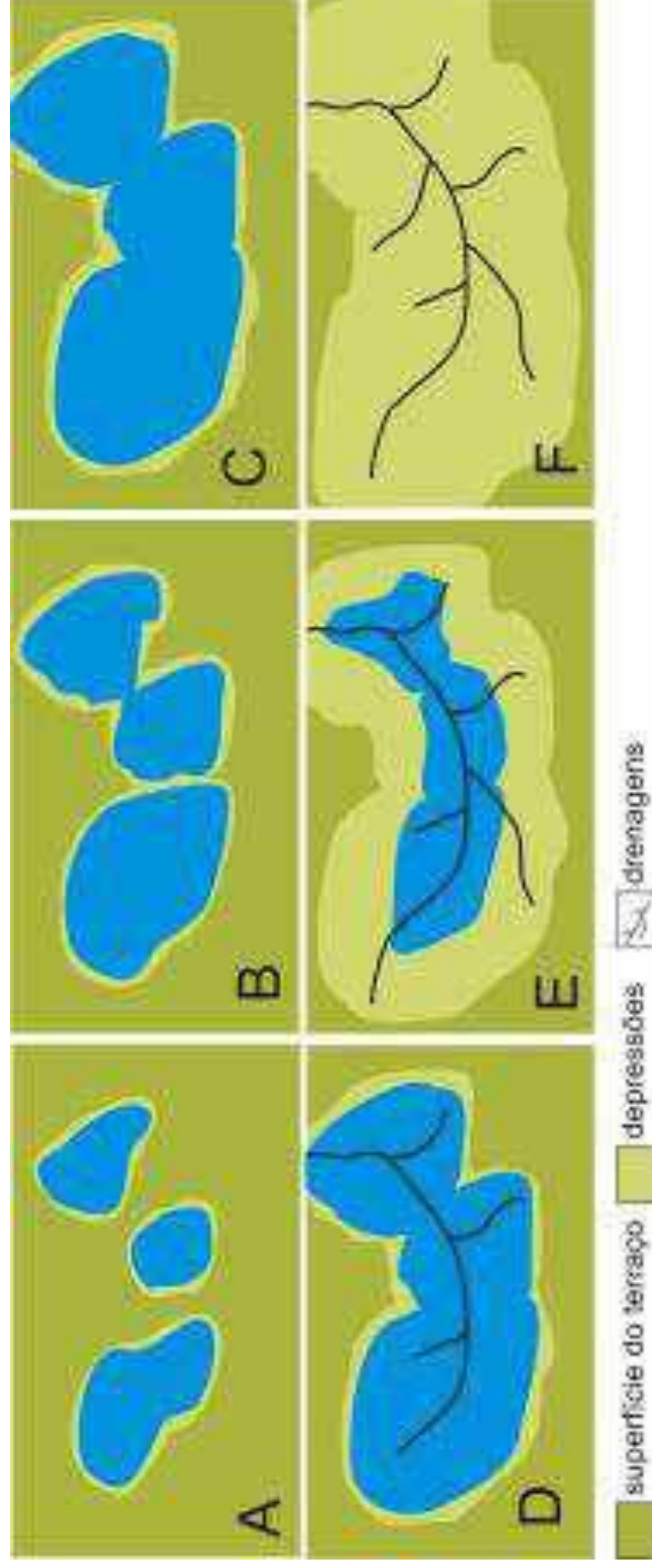


Figura 15 Estágios principais de coalescência definidos por Guerreiro (2011): 1º) interligação por pequenos canais rasos; 2º) interligação das lagoas com transgressão das margens, formando charcos ou lagoas com formatos irregulares; e 3º) formação de drenagens tributárias.

UNIDADE FAZENDA BOA VISTA

A unidade Fazenda Boa Vista, de acordo com Stevaux et al (1997), constitui um terraço aluvial escavado em antigos depósitos do rio Paraná, situada a uma altitude que varia de 232 a 245 metros, ou ainda de 8 a 10 metros do nível atual do rio Paraná.

Esta unidade está inserida na Aloformação Paraná, pertencente ao Alomembro Fazenda Boa Vista. O Alomembro Fazenda Boa Vista constitui um terraço de depósitos aluviais embutidos sobre os colúvios da Aloformação Paranavaí (SALLUN et al., 2007). Conforme Stevaux et al (1997), a unidade Fazenda Boa Vista é uma feição erosiva, escavada na Unidade Taquaruçu/Ivinheima.

Para Santos & Stevaux (2000) os depósitos da Unidade Fazenda Boa Vista provavelmente foram formados pelo próprio rio Paraná, quando o rio apresentava um caráter mais enérgico, possivelmente em um sistema entrelaçado, o que possibilitou a deposição de cascalhos na porção basal da unidade, em seguida sucedeu uma passagem do sistema entrelaçado enérgico para um sistema entrelaçado de menor energia, que proporcionou a deposição texturas granulométricas arenosas na porção superior da unidade. Datações realizadas por Stevaux (2000) revelam idades de 41.580 ± 1700 a 31.140 ± 760 anos AP, obtidas na base do conglomerado presente nessa unidade que sugerem a deposição dessa unidade, conforme ressalta Kramer (2002).

Uma das principais características dessa unidade é apresentar uma grande área de charcos, com presença de paleocanais parcialmente recobertos por depósitos de leques aluviais. De acordo com Souza Filho et al. (1997) esse encharcamento é determinado pela má condição hídrica em sub-superfície, causado pela existência de uma zona de cimentação e contato com o substrato do Grupo Caiuá, que impede a drenagem da água. Essa unidade foi denominada por Souza Filho (1993) por Terraço Baixo,

É possível constatar que essa unidade se desenvolve somente na planície do lado direito do rio Paraná. Devido às características homólogas, Stevaux (1994) dividiu essa unidade em três subunidades distintas: Fazenda Boa Vista Alta, Fazenda Boa Vista Baixa e Fazenda Boa Vista com Leque. Porém, nesse

mapeamento não estamos considerando a Fazenda Boa Vista com Leques, e sim discutiremos os Leques em uma unidade separada, uma vez que eles ocorrem não somente em área da Fazenda Boa Vista, como visto no mapeamento realizado por Stevaux (1993), mas se é encontrado em diversas outras unidades.

Fazenda Boa Vista Alta

Essa subunidade localiza-se em altitudes próximas a 245m, compreende uma pequena faixa de sedimentos de textura arenosa. Destaca-se por apresentar um degrau íngreme, em torno de 8m, que separa a Unidade Taquaruçu para esta subunidade, mas também apresenta um pequeno degrau de 2 metros de amplitude que separa a subunidade Fazenda Boa Vista Alta da Fazenda Boa Vista Baixa (fig. 16).



Figura 16 Imagem da planície fluvial do alto rio Paraná, com detalhe para a Unidade Fazenda Boa Vista Alta e Baixa. Onde: A- Unidade Fazenda Boa Vista Baixa, B- Unidade Fazenda Boa Vista Alta, C- Unidade Rio Paraná. Fonte: *Google Earth* (Acesso: 20/02/2014).

Estudos realizados anteriormente verificaram espessura da camada dessa unidade (areia média a fina, localmente seixosa, aparentemente homogênea,

maciça e desagregada) de 10 metros, assentada sobre uma linha de cascalho limotinitizado sobreposto às rochas do Grupo Caiuá (Stevaux, 1994) (fig. 17), além da ocorrência de material de cerâmica indígena Guarani, bom como urnas mortuárias (KASHIMOTO & MARTINS, 2004).

De acordo com Parolin & Stevaux (2001) a subunidade Fazenda Boa Vista Alta constitui um antigo campo de dunas dissipadas. Esse campo de dunas foi formado durante o evento árido mais recente no alto rio Paraná (3500 a 1500 anos AP), onde ocorreu a atuação eólica na região (SALLUN et al, 2007). Os estudos de Parolin & Stevaux (2001) corroboram com a hipótese de que essas dunas teriam se formado nesse período de aridez mais recente, uma vez que as datações realizadas pelos autores revelaram idades de 3700 anos AP (PAROLIN & STEVAUX, 2001).

Fazenda Boa Vista Baixa

Esta subunidade desenvolve-se a uma altitude de 231 a 233m com declive para o rio Paraná. Quase em sua totalidade é alocada na planície aluvial desenvolvida na margem direita do rio Paraná, totalizando uma área de 810,8km², com início a jusante do reservatório de Porto Primavera e de forma descontínua se estende até a foz do rio Amambaí. Na margem direita esta unidade se encontra nas imediações da foz do rio Ivaí, e possui uma área de 6,54km².

É caracterizada por apresentar cicatrizes de antigos diques marginais e canais abandonados herdados de um sistema de drenagem meandrante (fig.18). Isso proporciona uma superfície bastante ondulada, que já havia sido ressaltada no trabalho de Stevaux (1994), em função dos vales dos córregos que a atravessa essa unidade, principalmente os córregos Baile e Esperança.

Para Stevaux (1994) esta subunidade foi originada a partir do retrabalhamento de um sistema fluvial meandrante sobre a unidade Fazenda Boa Vista Alta, para o autor essa antiga drenagem deve ter sido capturada pelo rio Ivinheima.

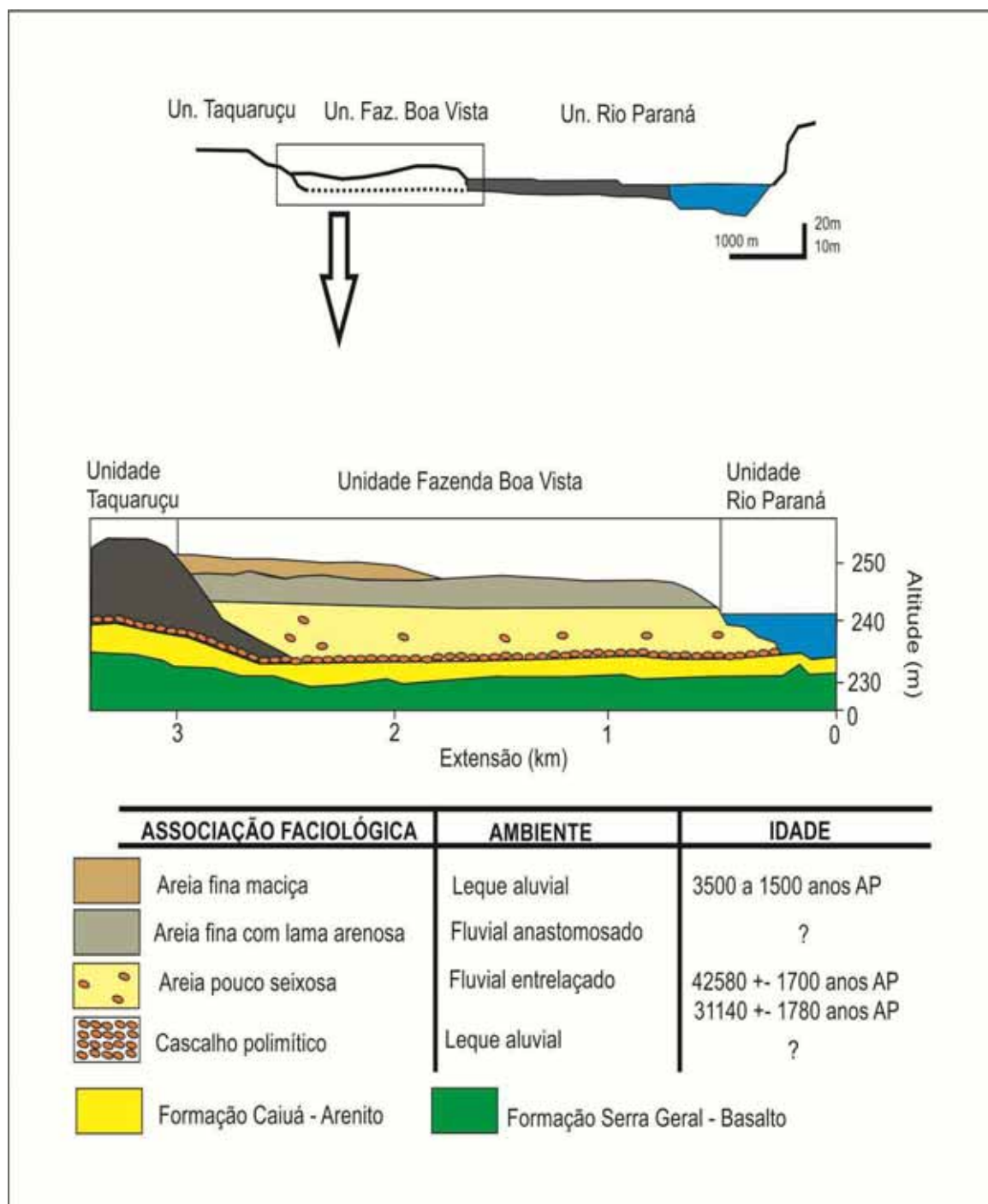


Figura 17 Perfil geológico da Unidade Fazenda Boa Vista. Modificado de Souza- Filho & Stevaux (1997).

UNIDADE RIO PARANÁ

A unidade Rio Paraná constitui a planície aluvial ativa do rio Paraná. Possui uma área total de aproximadamente 2033 km² se encontra localizada por toda a extensão da área de estudo, está inserida na Aloformação Paraná dentro do Alomembro Alto Paraná, que segundo Sallun et al. (2007), constitui os depósitos das ilhas do rio Paraná.

No mapeamento geomorfológico procurou-se seguir os mesmos critérios adotados por Stevaux (1993), assim esta unidade foi dividida em duas subunidades: Subunidade Rio Paraná Canal e Subunidade Rio Paraná Várzea.

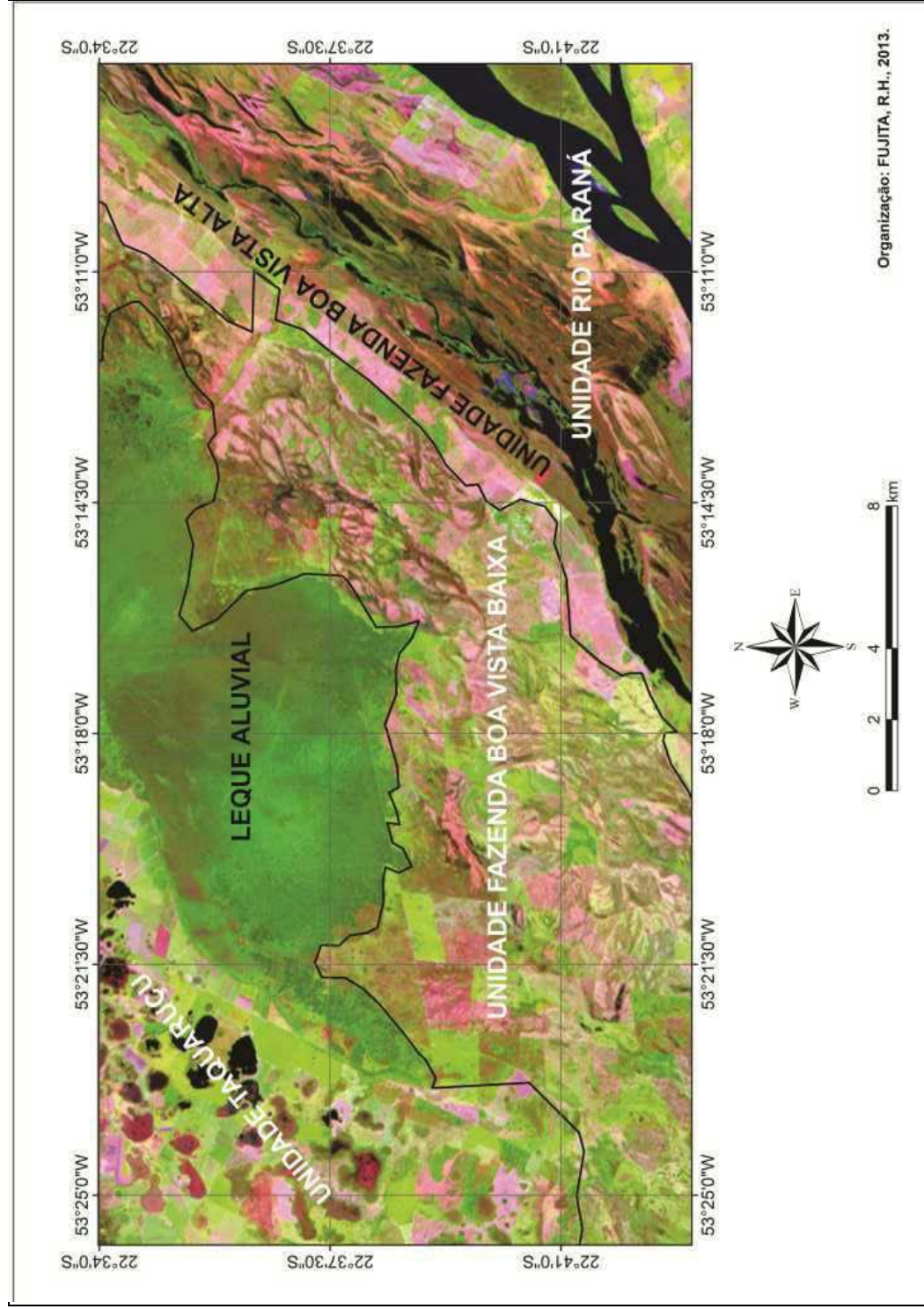


Figura 18 Imagem ilustrativa da Unidade Fazenda Boa Vista, em detalhe o sistema fluvial meandrante.

Rio Paraná Canal

O segmento em estudo compreende uma extensão de 220km de trecho livre de barramentos que vai desde a jusante do reservatório de Porto Primavera ao início do reservatório de ITAIPU.

O rio Paraná apresenta um padrão multicanal, que pode ser considerado como um misto de canal entrelaçado e anastomosado (FERNANDEZ & SOUZA-FILHO, 1995; STEVAUX et al., 2004). Mais recentemente, Stevaux & Souza (1994) classificaram o canal do rio Paraná como *anabrancing*, tipo C2a, já Gon (2012) alega que rio Paraná no segmento entre os arquipélagos Mutum e Japonesa-Floresta não se encaixa em um tipo específico de *anabrancing*, podendo ser classificado como tipo 1C ou ainda 2, conforme o sugerido por Nanson & Croke (1992).

Ao longo da área de estudo é possível observar a presença de inúmeras barras e ilhas fluviais de diversas dimensões, que totalizam uma extensão de aproximadamente 763 km². De acordo com Souza-Filho (1993) no trecho em estudo ocorre à presença de barras centrais, barras laterais, barras de soldamento, barras frontais as ilhas e barras de coalescência.

No trecho que corresponde à jusante do reservatório de Porto Primavera até Porto Camargo, nas imediações do rio Ivaí, há a ocorrência das barras laterais que são desenvolvidas à margem da planície aluvial, mas também nas laterais das ilhas (fig.19). Conforme Souza-Filho (1993) o desenvolvimento dessas barras se devem aos processos deposicionais que promovem o crescimento lateral e para a jusante dessas formas.



Figura 19 Imagem para ilustração das barras na porção central do canal e nas margens de ilhas e do canal. Fonte: *Google Earth* (Acesso: 30/01/2013).

De Porto Camargo até o início do reservatório de Itaipu, nas imediações do município de Guaíra, é possível distinguir além das formas das barras citadas a presença de formas complexas, em função da união de várias das morfologias expostas, é nesse segmento que começa a se desencadear o arquipélago de Ilha Grande, principal ilha do trecho em estudo que possui uma extensão de aproximadamente 90 km.

Fernandez (1990) e Stevaux (1994) expõem, em seus estudos, como evoluem as ilhas no alto rio Paraná. Esses autores explicam que as ilhas do alto rio Paraná são formadas pelo processo de coalescência de barras às ilhas. Normalmente essas barras são depositadas após as cheias, quando o material de fundo é remobilizado. Nas laterais das ilhas ficam pequenos canais que se recebem o nome localmente de ressacos, local que devido à falta de conexão direta com o rio principal torna-se um ambiente lântico, que propicia maior decantação de partículas e conseqüentemente maior deposição, que com o propicia o processo de sucessão. Corradini et al. (2008) comenta que esses ambientes, proporciona uma topografia bastante diferenciada para as ilhas, pois essas barras recém coalescidas, promovem cicatrizes orientadas paralelamente

ao alongamento das ilhas dando uma configuração de topografia bem ondulada (fig. 20).

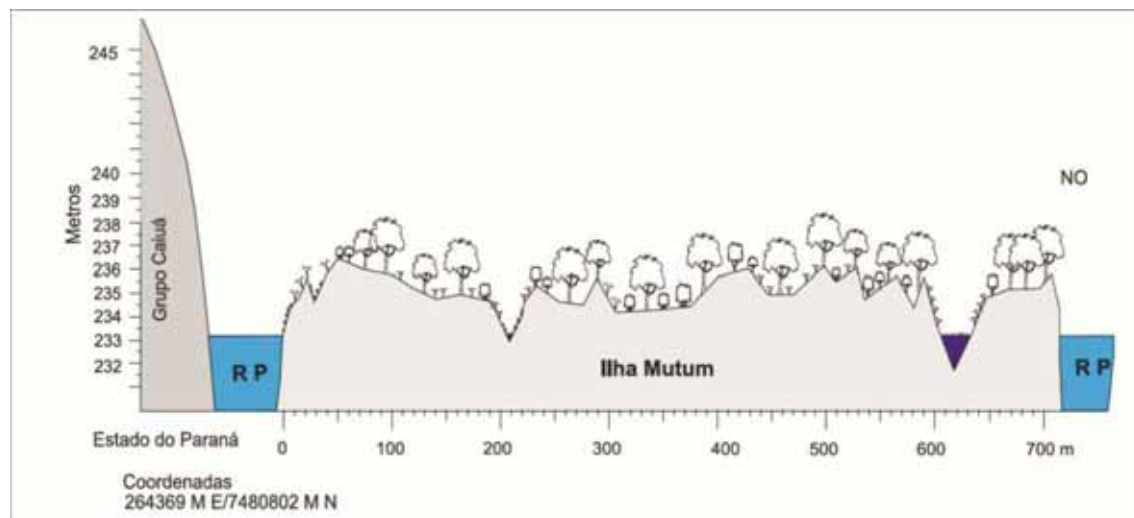


Figura 20 Perfil topográfico da Ilha Mutum – MS, nota-se a configuração ondulada da ilha.
Fonte: Corradini et al. (2008)

Estudos relacionados à gênese, evolução e idades das ilhas no alto rio Paraná, ainda são escassos, principalmente as ilhas que se desenvolvem entre o tramo da foz do rio Ivaí ao início do reservatório de Itaipu, segmento que se desenvolve as maiores ilhas existentes no alto rio Paraná, como por exemplo, a Ilha Grande. Datações realizadas por Stevaux et al (2009) revelam idades de aproximadamente 1,9 ka BP para a Ilha Mutum e mais recentemente Leli (comunicação pessoal) encontrou idades para a Ilha de aproximadamente 3,2 ka BP.

Rio Paraná Várzea

Esta subunidade corresponde à planície de inundação do rio Paraná e de seus afluentes, nesta subunidade é possível diagnosticar zonas de paleocanais, diques marginais e zonas de crevasses. Stevaux (1993) dividiu essa subunidade em várzea alta e baixa.

A subunidade várzea alta compreende a maior parte da unidade e corresponde a área que está a uma altura mínima de 4 m do nível normal do rio e somente é atingida quando ocorrem as grandes cheias. Já a subunidade

várzea baixa compreende a região da planície de inundação que anualmente é inundada nas cheias normais, normalmente ficam alocadas a 1,5m do nível atual do rio. A figura 21, mostra em detalhe a subunidade.

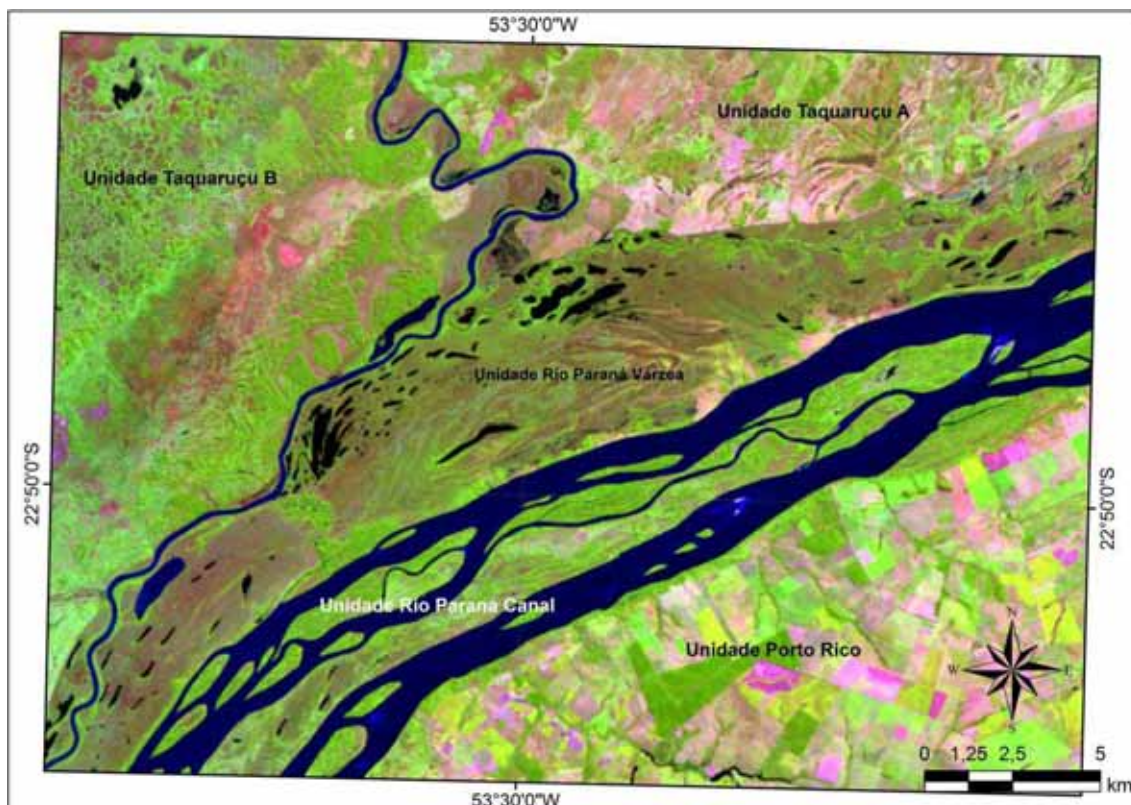


Figura 21 Unidade Rio Paraná, subunidade Rio Paraná Varzea.

Essa subunidade praticamente se aloca na margem direita do rio Paraná da jusante do reservatório de Porto Primavera até as imediações da foz do rio Amambaí, e de forma descontínua feições dessa subunidade até novamente se desenhar junto à planície do rio Iguatemi. Na margem esquerda essa subunidade se torna expressiva e de forma contínua após o início do arquipélago de Ilha Grande, porém a largura não ultrapassa a 4 km.

Nessa unidade englobamos também as planícies aluviais desenvolvidas pelos rios Paranapanema, Ivaí, Ivinheima, Amambaí, Iguatemi, Piquiri. As planícies de inundação dos afluentes do rio Paraná, estas são influenciadas diretamente pela ação da dinâmica das cheias que possibilitam o retrabalhamento do material depositado na planície. Como é o caso o rio Baía

que corre lateralmente ao rio Paraná, como explicitado no trabalho de Stevaux (1994).

De acordo com Stevaux & Santos (1998) a planície atual do rio Paraná começou sua construção a partir de 6.000 anos AP, no evento úmido mais antigo diagnosticado por Stevaux (1994), que interferiu nas características hidrológicas do rio Paraná, levando-o ao estabelecimento de um sistema entrelaçado.

UNIDADE GUAÍRA

Esta unidade se desenvolve em uma pequena porção na margem esquerda do rio Paraná, que totaliza a 4,533 km², área que se desenvolve sobre as rochas da Formação Serra Geral (fig. 22). Encontra-se em altitudes que variam de 230 a 221 m. Essa unidade recebeu esse nome por estar situada no município homônimo de Guaíra. Em função de sua textura e toponímia poderia ser mapeada como Unidade Rio Paraná, subunidade várzea alta, pois só ocorre sua inundação em grandes cheias, porém o que a difere desta é o material de origem.



Figura 22 Imagem Ilustrativa da Unidade Guaíra. Fonte: *Google Earth* (Acesso: 20/02/2014).

UNIDADE PLANALTO DE CAMPO MOURÃO

Apresenta texturas e toponímia semelhantes a unidade Porto Rico, mas se desenvolve sobre rochas da Formação Serra Geral (fig.23). Fora assim denominada, pois se desenvolve na unidade morfoescultural Planalto de Campo Mourão, nomeada no mapa geomorfológico do estado do Paraná, desenvolvido por Santos et al. (2006).

LEQUES ALUVIAIS

Leques aluviais são sistemas deposicionais em forma de leque aberto ou de segmento de cone, caracterizados por canais fluviais distributários de grande mobilidade lateral. Desenvolvem-se em planícies ou nos vales dos rios e constituem elemento básico do preenchimento sedimentar de bacias com bordas tectonicamente ativas (ASSINE,2006).

Poucos trabalhos foram desenvolvidos na planície aluvial do rio Paraná nessa área de leques aluviais, dentre eles podemos citar de Cremon (2011), que buscou fazer uma relação geomorfológica e morfométrica e Guerreiro (2011) que estudou os terraços na planície aluvial que se desenvolve na margem direita do rio Paraná, nas imediações da foz com o rio Ivaí.



Figura 23 Imagem ilustrativa da Unidade Planalto de Campo Mourão. Fonte: Google Earth (Acesso: 20/02/2014).

Os leques foram identificados em vários segmentos da área de estudo, como é possível visualizar na figura 24, totalizando 12 feições, perfazendo uma área de aproximadamente 402 km². Foram diagnosticados leques aluviais ativos na planície de inundação atual do rio Paraná, mas também nas planícies de inundação de seus afluentes. No mapeamento realizado por Stevaux (1993), conforme ressaltado anteriormente, os leques aluviais haviam sido englobados na Unidade Fazenda Boa Vista, porém neste trabalho são analisados como morfologias distintas.

Trabalhos realizados por Jabur (1992), Stevaux (1993), Santos (1997) mencionam que a construção dos leques aluviais associados a calha do rio Paraná pode estar relacionada a dois fatores principais: os períodos de aridez e controle tectônico.

Stevaux (1993) destaca que a construção dos leques aluviais dos córregos Baile e Esperança sobre a Unidade Fazenda Boa Vista deveriam ter ocorrido a 2000 a 3000 anos AP, no último período de aridez identificado na área de estudo. Guerreiro (2011) em seu estudo identificou um dos ambientes de leque aluvial na margem esquerda do rio Paraná.

As datações e interpretações de dados proxy revelaram que o leque do córrego Jabuti fora desenvolvido em condição climáticas úmidas, porém em transição de climas secos para fase mais úmida, com início de deposição por volta de 7.540 anos AP. Moraes (2010) em seu estudo no leque aluvial do córrego Dourado, localizado na região de confluência do Rio Ivai e Paraná encontrou idades de 1600 anos, que corroboram que no período de construção do leque a região passava por um período de aridez.

Os leques aluviais na área de estudo, estão localizados em sua maioria na margem direita e se relacionam ao desnível dos patamares dos terraços, como apontado por Souza-Filho (1993) e Cremon (2011) para os mega leques.

A localização dos leques na área de estudo estão associados a presença lineamentos/estruturas na área, conforme podemos visualizar na figura 23, para Assine (2008) a presença de leques aluviais indicam áreas com influências tectônicas..

Influências tectônicas relacionadas a leques aluviais na região foi evidenciada por Fortes et al (2005), no baixo rio Ivinheima, neste estudo os autores assinalam a presença de neotectônica na área de estudo, sugerindo que haveria um controle tectônico na formação dos leques aluviais do rio Paraná, com orientação de alinhamento dos leques NE-SW, isso também identificado por Moraes (2010) para o leque aluvial do córrego dourado, já Stevaux (1994) aponta que os leques desenvolvidos pelos córregos Baile, Esperança e Samambaia são decorrentes com a zona de falha no alto rio Paraná.

EVOLUÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ

A discussão a respeito da evolução do sistema fluvial do Alto rio Paraná será apresentada em tópicos e foi desenvolvida a partir de trabalhos de referência desenvolvidos na área de estudo, como por exemplo Parolin (2006), Sallun (2007), Souza-Filho (1993), Stevaux (1993), entre outros.

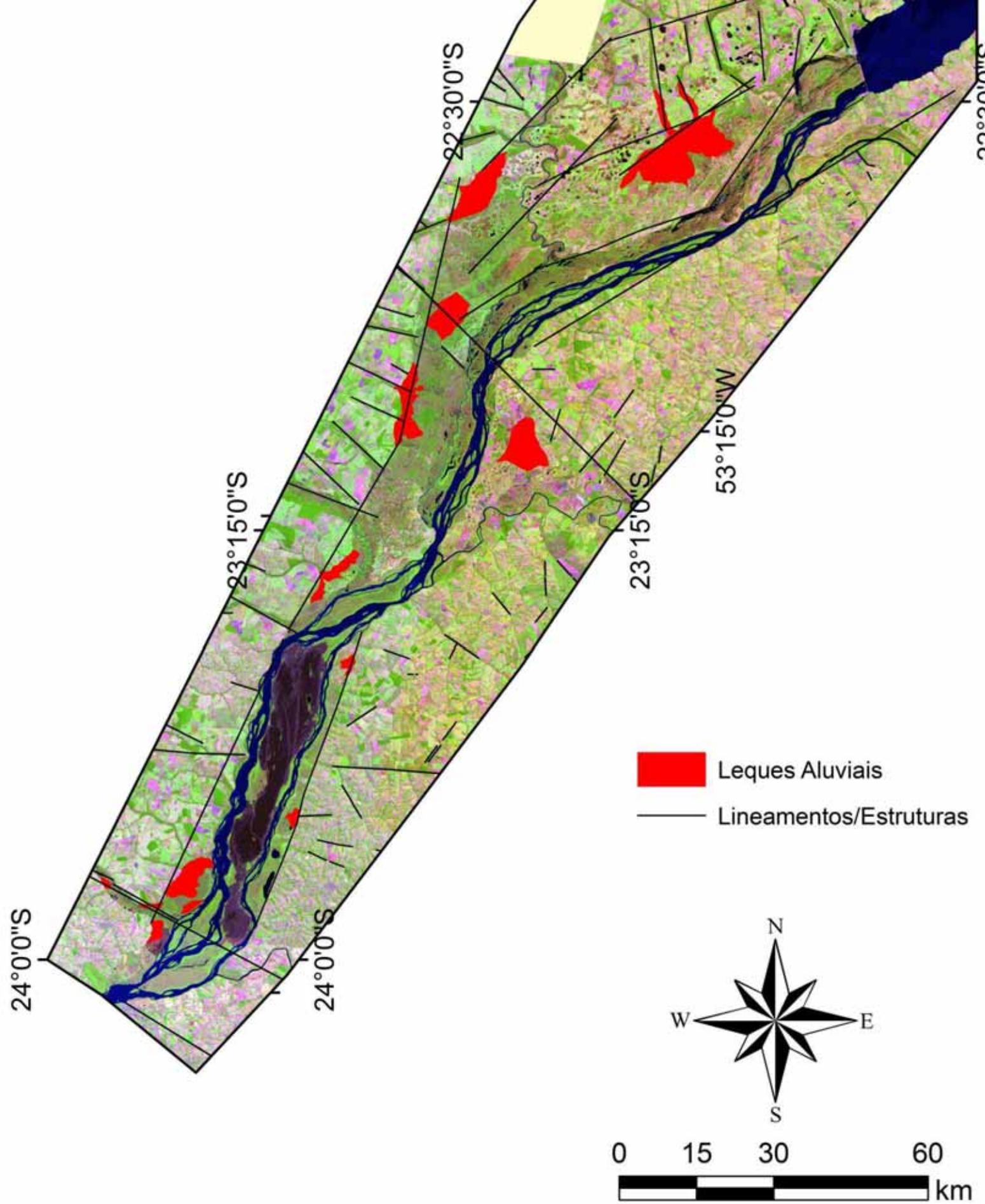
- A evolução do sistema fluvial Alto rio Paraná, segue as bases das teorias geomorfológicas. Para que ocorra a evolução geomorfológica de um sistema é necessário que aconteçam as fases de deformação crustal (atividade tectônica), mudanças climáticas e ação do tempo;
- De acordo com os estudos de Stevaux (1993) o final do Plioceno e o Pleistoceno Médio foram determinantes para a bacia do rio Paraná, foi nesse período que ocorreu o entalhamento das drenagens dos rios Grande e Paranaíba e o soerguimento da Serra de Maracaju;
- Registros sedimentares e palinológicos de estudos realizados na planície aluvial do alto rio Paraná confirmam que o clima na área de estudo esteve árido e semiárido a maior parte do tempo o que possibilitou uma grande deposição coluvial e aluvial.
- A atividade tectônica levou ao basculamento de blocos e por consequência ocorreu à degradação dos sedimentos inconsolidados do terraço Taquaruçu, na margem esquerda e direita, restando terraços mais resistentes em sua maioria na margem esquerda;
- Com a melhora climática (aumento da umidade) e ação resultante da tectônica nas áreas da unidade Taquaruçu, as lagoas iniciam seu

processo de implantação, motivadas possivelmente por sistemas de falhas e fraturas e por eluviação/iluviação de material;

- Com o aumento da umidade, motiva a incisão do talvegue do rio Paraná e de seus afluentes, ocasionando a erosão do terraço Fazenda Boa Vista, conseqüentemente a construção da várzea e recobrimento dos depósitos anteriores;
- Último evento de aridez (3500 a 1500 anos AP), relativamente curto, foi o período que ocorreu a construção dos leques aluviais sobre a Fazenda Boa Vista;
- Uma nova atividade tectônica desajusta o rio Paraná, provocando a sua assimetria do canal e proporcionando o desenvolvimento da planície aluvial em sua margem direita,
- Atualmente junto da construção da planície ativa encontra-se em desenvolvimento leques aluviais atuais.

Na figura 25 encontra-se uma síntese dos estudos dos principais modelos de superfícies de aplainamento realizados no Sul e Sudeste do Brasil correlacionando alguns eventos de importância na área de estudo chegando ao presente estudo.

O quadro 2 resume os eventos climáticos quaternários ocorridos no alto rio Paraná, como relatados nos estudos de Stevaux (1993, 1994), Parolin & Stevaux (2001) e Sallun (2007).



24 Distribuição dos Leques aluviais ao longo da área de estudo.

AUTOR ÉPOCA (PERÍODO)	KING, 1956	BRAUN, 1971	BIGARELLA & AB'SABER, 1961	JUSTUS, et al., 1985	SOARES & LANDIM, 1976	DEHIRA et al., 1981 (Rio Ivaí)	MAACK, 1968	BERTHELMMESS, 1961	FULFARO & SUGUIO, 1974	CHRISTOFOLETTI & AB'SABER, 1961	STEVIAUX, 1993	SOUZA-FILHO, 1993	SALLUN et al., 2007	FUJITA 2014
HOLOCENO	CICLO PARAGUAÇU ↑ CICLO VELHAS ↑ SUPERFÍCIE SUL AMERICANA ↑ SUPERFÍCIE PÓS GONDWÂNICA	APLAINAMENTO BARRERAS Planície do rio Paraná Serra do Mar	Tv Tc P1 Pd+Pd0	SUPERFÍCIES INTERPLANA LTICAS I, II e III	ALTOS INTERFLÚVIOS	ENTALHAMENTO Cascatheiras baixas Cascatheiras médias Cascatheiras altas	Ter. Paraná Ter. Sete Quedas Canhão do Paraná Bacia Paraná- Uruguaí	SUPERFÍCIE DE GUAIRA GERAÇÃO AGATA GERAÇÃO QUART. GERAÇÃO QUART. SUL AMERICANA	Cascatheiras e linhas de seixos associados a colúvios	CHRISTOFOLETTI & AB'SABER, 1961	VARZEA ATUAL UN. RIO PARANÁ UN. FAZ. BOA VISTA UN. TAQUARUCU TERRAÇO MÉDIO Geração Ágata Serra do Maracaju Geração Quart. SUPERFÍCIE SUL AMERICANA	PLANÍCIE ↑ TERRAÇO BAIXO	Alomembro Alto Paraná Alomembro Fazenda Boa Vista Aloformação Parnavaí	VARZEA ATUAL UN. RIO PARANÁ UN. GUAIRA (?) UN. FAZ. BOA VISTA UN. TAQUARUCU UN. PORTO RICO UN. PLANALTO CAMPO MOURÃO (?)
PLEISTOCENO	Superior					Cascatheiras baixas					VARZEA ATUAL	PLANÍCIE	Alomembro Alto Paraná	VARZEA ATUAL
	Médio					Cascatheiras médias	Ter. Paraná				UN. RIO PARANÁ UN. FAZ. BOA VISTA	TERRAÇO BAIXO	Alomembro Fazenda Boa Vista	UN. RIO PARANÁ UN. GUAIRA (?) UN. FAZ. BOA VISTA
	Inferior					Cascatheiras altas					UN. TAQUARUCU TERRAÇO MÉDIO	TERRAÇO BAIXO	Aloformação Parnavaí	UN. TAQUARUCU
PLIOCENO														UN. PORTO RICO
MIOCENO														UN. PLANALTO CAMPO MOURÃO (?)
OLIGOCENO														
EOCENO														
PALEOCENO														
CRETÁCEO														
JURÁSSICO														
TRIÁSSICO														

Figura 25 Síntese dos estudos dos principais modelos de superfícies de aplainamento realizados no Sul e Sudeste do Brasil correlacionando alguns eventos de importância na área de estudos.

Quadro 2 Síntese dos eventos climáticos do Quaternário no alto rio Paraná.

Evento	Descrição
Evento árido mais antigo	Ocorrido entre 40.000 a 20.000 anos AP. Conforme estudos palinomorfos o clima deveria ter sido mais seco que o atual. Possivelmente, durante esse período somente a drenagem principal do rio Paraná e seus principais afluentes deveriam existir.
Evento úmido mais antigo	Iniciado entre 7500 a 8000 AP, com limite superior aproximadamente 3500 anos AP. Período marcado por melhora climática generalizada (ótimo climático do Holoceno). Nesse período também é identificada influência tectônica, por meio de falhas antiéticas, mudança da hidrologia do sistema fluvial. Essa influencia interfere nas características hidrológicas do rio, propiciando ao estabelecimento do sistema entrelaçado, levando ao final do evento o desenvolvimento da planície de inundação.
Evento árido mais recente	Duração de 3500 a 1500 anos AP, período curto sua influência, este evento está marcado nos depósitos lacustres e fluviais que compreendem a unidade Rio Paraná. Neste evento possivelmente é que ocorreu a construção dos leques aluviais do córrego Baile e Esperança sobre a unidade Faz Boa Vista. Atuação eólica origina os campos de dunas.
Evento úmido mais recente	Início 1500 anos AP até os dias atuais. Interrupção da construção dos leques sobre a unidade Boa Vista Início do aprofundamento do leito do rio Paraná.

MAPA ESTRUTURAL DO ALTO RIO PARANÁ

O mapa estrutural (fig. 26), foi resultado do adensamento de informações dispersas em vários trabalhos desenvolvidos no sistema fluvial alto rio Paraná. Este estudo, procurou sistematizar essas informações com o objetivo de tentar entender melhor a contribuição da atividade tectônica na área de estudo.

Ao analisar o mapa estrutural é possível verificar que a maior parte dos rios são adaptados aos lineamentos estruturais. Conforme dito anteriormente, a drenagem é complexa, sendo observados na área de estudo rios em padrões treliça, paralela e retangular que sugerem a influencia estrutural. Essa influencia é bem denotada na margem direita do rio Paraná, em especial nos rios Iguatemi, Amambaí e Ivinheima, essa influencia estrutural já havia sido assinalada por Souza-Filho (1993).

De acordo com Jabur (1992) e Stevaux (1994) os pontos nodais coincidem com o estreitamento da planície e nesses pontos nodais podem ser encontrados soleiras de arenitos mas também basaltos, e essas soleiras são as responsáveis pelo controle das drenagens do alto rio Paraná.

Além dos rios, outra feição já mencionada anteriormente bem assinalada ao mapa estrutural são os leques aluviais, os quais são influenciados por lineamentos/estruturas presentes na área, a maior parte dos estudos que mencionam a ocorrência dos leques ligados a tectônica sugerem a ocorrência de uma alinhamento com direcionamento preferencial NW/SE (FORTES et al, 2007 e MORAIS, 2010).

Os estudos referentes a atuação estrutural na área de estudo vêm desde a década de 1960. Maack em 1968, comenta que no trecho entre Guaíra e Foz do Iguaçu representaria uma grande falha e nesta o rio Paraná estaria encaixado e adaptado seu cânion. O mesmo autor, em 1981, ressalta que o leito do rio Paraná é uma espécie de fenda e que a partir dela ocorrem a movimentação dos blocos oriental e ocidental.

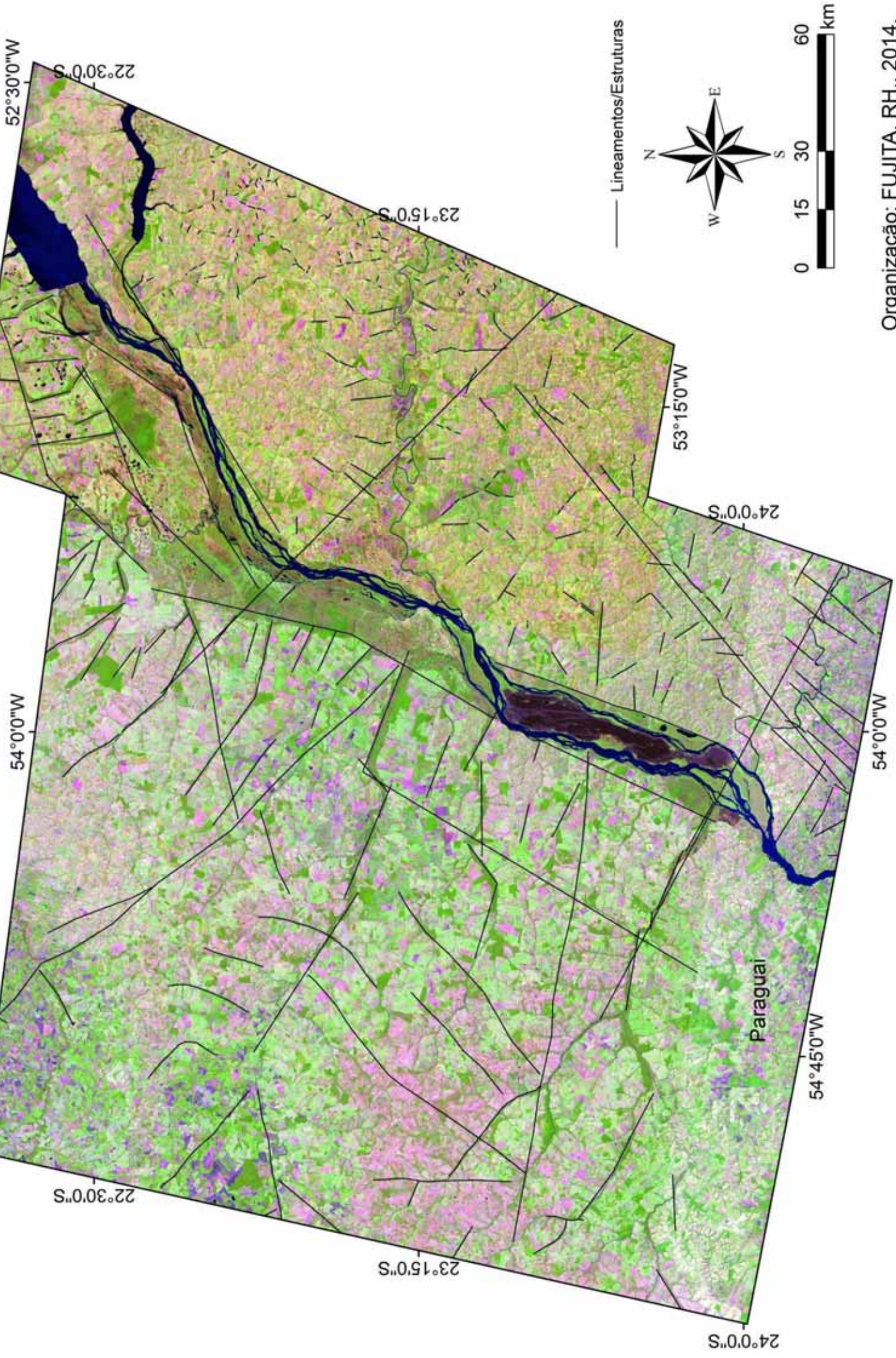
De acordo com Fúlfaro et al. (1982) a área de estudo está estruturalmente delimitada pelos alinhamentos São Jerônimo e Rio Alonzo. Adicionalmente Souza-Filho (1993) ressalta que as estruturas tectônicas de caráter regional que abarcam a área de estudo correspondem ao alinhamento do Rio Piquiri, Rio Alonzo e Rio Paranapanema.

Em 1982, RADAMBRASIL em seu estudo ressalta a ocorrência de margens retilíneas em terraços na margem esquerda do rio Paraná e as atribui a uma falha paralela existente entre a foz do rio Ivaí e Piquiri, a qual é bem perceptível no mapeamento.

Em 1993, Souza-Filho compartimentou a área em estudo em seis blocos estruturais, denotados por meio de falhas inferidas: Bloco Ivinheima, Bloco Naviraí, Bloco Nova Andradina, Bloco Loanda, Bloco Umuarama, Bloco Eldorado.

Fortes et al (2007) identificou influencias tectônicas para o rio Paraná e para o rio Ivinheima, seu objeto de estudo. Segundo os autores, o início das atividades tectônicas para o vale do rio Ivinheima está associada a formação da Serra do Mar, essas reativações tectônicas motivaram o processo de intemperismo que culminou a estruturação das bacias do alto rio Paraná e Paraguai.

De acordo com Fortes et al (2007) o início do Holoceno, ocorreu um pulso tectônico na região que proporcionou ao soerguimento de blocos paralelos e o desenvolvimento de falhas antiéticas. Os processos deformacionais associados a fase fluvial alterou o sistema hidrológico do rio, bem como motivou o desenvolvimento de terraços arenosos na margem direita do rio Paraná e de seus afluentes.



Organização: FUJITA, RH., 2014.

CAPÍTULO III

EVIDÊNCIAS TECTÔNICAS NO ALTO RIO PARANÁ

Em 1948, Obruchayev definiu o termo Neotectônica para designar os movimentos tectônicos ocorridos no final do Terciário e no Quaternário, os quais foram decisivos para a configuração recente da superfície terrestre (SUGUIO, 2010). De acordo com Goudie (2004), o termo Neotectônica compreende o estudo de movimentos crustais horizontais e verticais, que ocorreram em um tempo geológico recente. Esses movimentos estão direta ou indiretamente associados as movimentações do "crosta" global.

Para a Comissão Internacional do Quaternário (INQUA) Neotectônica abarca:

"Quaisquer movimentos ou deformações da crosta ao nível geodésico de referência, sua caracterização por meio de seus mecanismos, sua origem geológica, suas implicações para vários propósitos práticos e suas extrapolações futuras. Os movimentos neotectônicos englobam o acervo de deformações rúptil ou dúctil de um período Neotectônico".

Uma das técnicas adotadas para a identificação de áreas influenciadas pela neotectônica são os índices morfométricos e os padrões de drenagem. A análise morfométrica da rede de drenagem por meio de sua representação longitudinal pode ser uma ferramenta muito importante quando aliada a estudos geomorfológicos por atentar à compreensão dos condicionantes que equilibram ou desequilibram o sistema fluvial, bem como auxilia no entendimento da evolução geomorfológica de uma região.

De acordo com Knighton (1998) o perfil longitudinal é um elemento importante para o entendimento dos processos geomorfológicos que ocorrem na paisagem. Phillips & Lutz (2008) ressaltam que o perfil longitudinal dos canais fluviais é um elemento chave para a geomorfologia fluvial e hidrologia,

pois reflete declive e gradientes de energia e mudanças ao longo do curso fluvial.

O perfil longitudinal consiste num método simples e eficaz, que basicamente utiliza-se de dados de altitude e extensão do canal para a geração de uma curva de ajustamento logarítmico côncavo ascendente, onde se verificam maiores declividades nas nascentes e menores em direção à foz, sendo a representação gráfica característica de rios em estado de equilíbrio (FUJITA, 2009).

Os cursos fluviais ao longo de sua extensão apresentam em seu perfil longitudinal segmentos em equilíbrio (ajustados), mas também em desequilíbrio (desajustados) (FUJITA, 2009), em relação a uma curva de equilíbrio, sendo esta determinada por uma equação logaritmica. Os trechos que são determinados como desajustados apresentam irregularidades ou mesmo deformações em seu traçado (CARLSON, 1969).

"Os trechos de irregularidades e/ou a presença de rupturas nos perfis são decorrentes de vários fatores, dentre eles a entrada de tributários, heterogeneidade da composição litológica e atividade tectônica local (VOLKOV et al,1967). Assim, em áreas onde as rochas são mais friáveis, por exemplo, registram-se os menores gradientes de declividades. Por sua vez, nos locais onde se encontram rochas mais resistentes à erosão, ocorrem gradientes mais acentuados (GORNITZ & SEEBER, 1990)." (FUJITA, 2009).

Um dos índices morfométricos utilizados para detectar áreas influenciadas por atividades tectônicas, é o índice de Hack.

Em 1973, Hack propôs o índice de RDE (*gradient index*) para a determinação de "anomalias" significativas na concavidade natural do perfil longitudinal, o que também permitiu a normalização dos dados que facilitou a comparação de canais fluviais de diferentes magnitudes.

Seeber & Gornitz (1983) adaptaram a metodologia desenvolvida por Hack, para seu estudo nos rios do Himalaia, como forma de detectar áreas com

influencia tectônica, utilizando a razão dos índices RDE_{TRECHO} e RDE_{TOTAL} . Assim, quando a razão dos índices resultassem valores acima de 2, estes poderiam determinar anomalias de 1ª ordem (valores acima de 10) e 2ª ordem (valores entre os limiares 2 e 10).

Até a década de 2000, no Brasil havia uma escassez de estudos utilizando índices morfométricos. Etchebehere (2000) foi um dos disseminadores dos estudos fluvio-morfométricos no Brasil, delineados nos estudos de perfil longitudinal e a aplicação do índice de RDE, sendo empregados em diversos estudos geomorfológicos, como na bacia do rio Pirapó (MARTINEZ, 2004), na bacia do rio Santo Anastácio (GUEDES et al, 2006 e GUEDES, 2008), na bacia rio Ivaí e afluentes (FUJITA, 2009; FUJITA et al, 2011), entre outros.

De acordo com Lima (2013), "o índice de gradiente é uma alternativa para análise mais eficiente do controle exercido por fatores geológicos sobre o perfil longitudinal de um canal de drenagem". Em função de sua simplicidade, continua sendo uma metodologia útil para estudos que tangem a geologia e a geomorfologia de uma região. Porém este autor não concorda com a adaptação metodológica utilizada por Etchebehere para os estudos realizados no Brasil, uma vez que o país encontra-se em uma área tectonicamente estável e a metodologia utilizada tenha sido desenvolvida para regiões de tectônica ativa.

Mesmo com autores, como Lima (2013), que discordam da metodologia aplicada, os estudos de perfil longitudinal e metodologias correlacionadas são de grande relevância aos estudos dos cursos fluviais, pois, seus resultados auxiliam no entendimento da configuração do sistema fluvial e sua evolução geomorfológica ao refletirem as influências geológicas, tectônicas e de mudanças de nível de base.

O objetivo deste capítulo é compreender a evolução geomorfológica do Alto rio Paraná sob a ótica do equilíbrio dinâmico e detecção de anomalias de drenagem. Vários autores já mencionaram a influência tectônica e neotectônica no nesse trecho do rio Paraná como Stevaux (1993), Souza-Filho (1993),

Fortes (2003), Sallun (2007), Fujita (2009) e recentemente Souza Junior (2012), todavia cada autor buscou relacionar com seu trabalho em específico.

Assim, neste capítulo serão apresentados os resultados dos estudos dos perfis longitudinais e a identificação de anomalias de drenagem obtida por meio da aplicação do índice de Hack (1973), que possibilita a detecção de possíveis zonas ativas tectonicamente e/ou influenciada pela neotectônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foi elaborado o perfil longitudinal dos principais cursos fluviais que compõe o alto rio Paraná. Para isto, foram utilizadas cartas topográficas do Exército Nacional e do IBGE nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000 e curvímeter analógico, além de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission 4).

Os perfis longitudinais foram obtidos a partir de um gráfico, onde o eixo das coordenadas corresponderá às altitudes (m) e o eixo das abscissas a extensão do curso fluvial (km). Para a análise do perfil longitudinal foi adotada a metodologia mencionada por McKeown et al. (1988 apud ETCHEBEHERE, 2000) a qual leva em consideração que todo curso fluvial procura o seu equilíbrio, sofrendo para isso erosão ou agitação seu próprio leito. Assim sendo, buscou-se determinar uma equação e uma linha de melhor ajuste ao perfil, a qual foi considerada desajustes os afastamentos superiores a 10 metros dessa linha. Trechos acima da linha de melhor ajuste foram considerados áreas ascendentes e abaixo desta, áreas subsidentes (fig. 27).

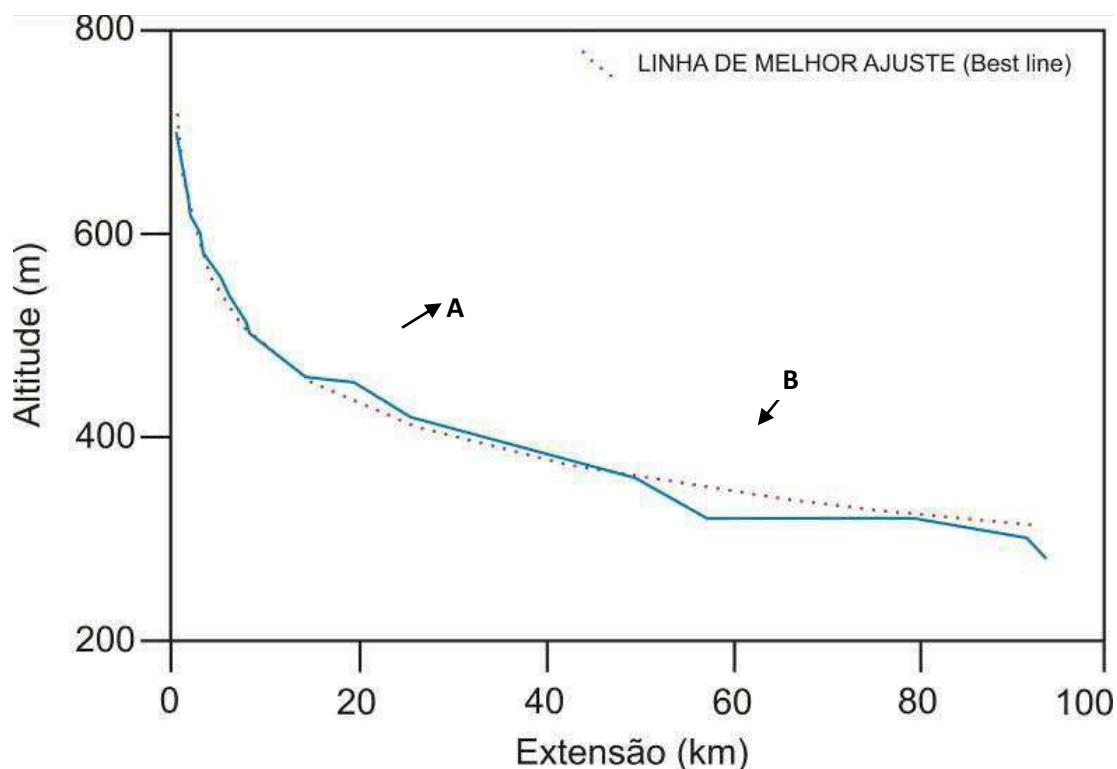


Figura 27 - Gráfico hipotético de um rio para demonstrar áreas com trechos anômalos (em ascensão – A e em subsidência – B), determinados em função da linha de ajuste. (Fonte: FUJITA, 2009).

Para o cálculo do índice de gradiente (RDE) por trecho e em sua totalidade foi utilizada a metodologia descrita por Hack (1973) utilizando as seguintes equações:

$$\text{RDE trecho} = (\text{DH}/\text{DL}) \times \text{L}$$

Onde:

DH é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso d'água;

DL é o comprimento do trecho analisado;

L corresponde à extensão acumulada do rio até o ponto médio do trecho onde o índice RDE está sendo calculado.

$$RDE_{total} = (DH/Lg L)$$

Onde:

DH é a diferença altimétrica entre a cota superior e inferior do canal, ou seja, a amplitude topográfica; $Lg L$ é o logaritmo natural da extensão total do curso d'água.

Para a determinação das anomalias de drenagem foi utilizada a razão entre $RDE_{Trecho} / RDE_{total}$. Os valores compreendidos entre os limiares 2 e 10 corresponderão a anomalias de 2ª ordem, já os valores superiores a 10, anomalias de 1ª ordem, conforme mencionada por Etchebehere (2000).

RESULTADOS

O rio Paraná é formado pelos rios Grande e Paranaíba. Tem sua nascente no estado de Minas Gerais, na Serra da Mantiqueira no município de Bocaina de Minas a uma altitude de 2650m, e percorre 3965 km até desaguar no Oceano Atlântico, na Argentina em Mar Del Plata, percorrendo assim terras brasileiras, paraguaias e argentinas.

Ao longo de seu curso apresenta trechos em equilíbrio, ascensão e subsidência, como se pode observar na figura 28. A presença de patamares e ressaltos ao longo do curso fluvial, provocados por transição e resistências litológicas propicia a formação de quedas d'água, que no Brasil, são utilizadas para a geração de energia hidrelétrica, como por exemplo o Salto Sete Quedas, utilizada para a construção do reservatório de Itaipu.

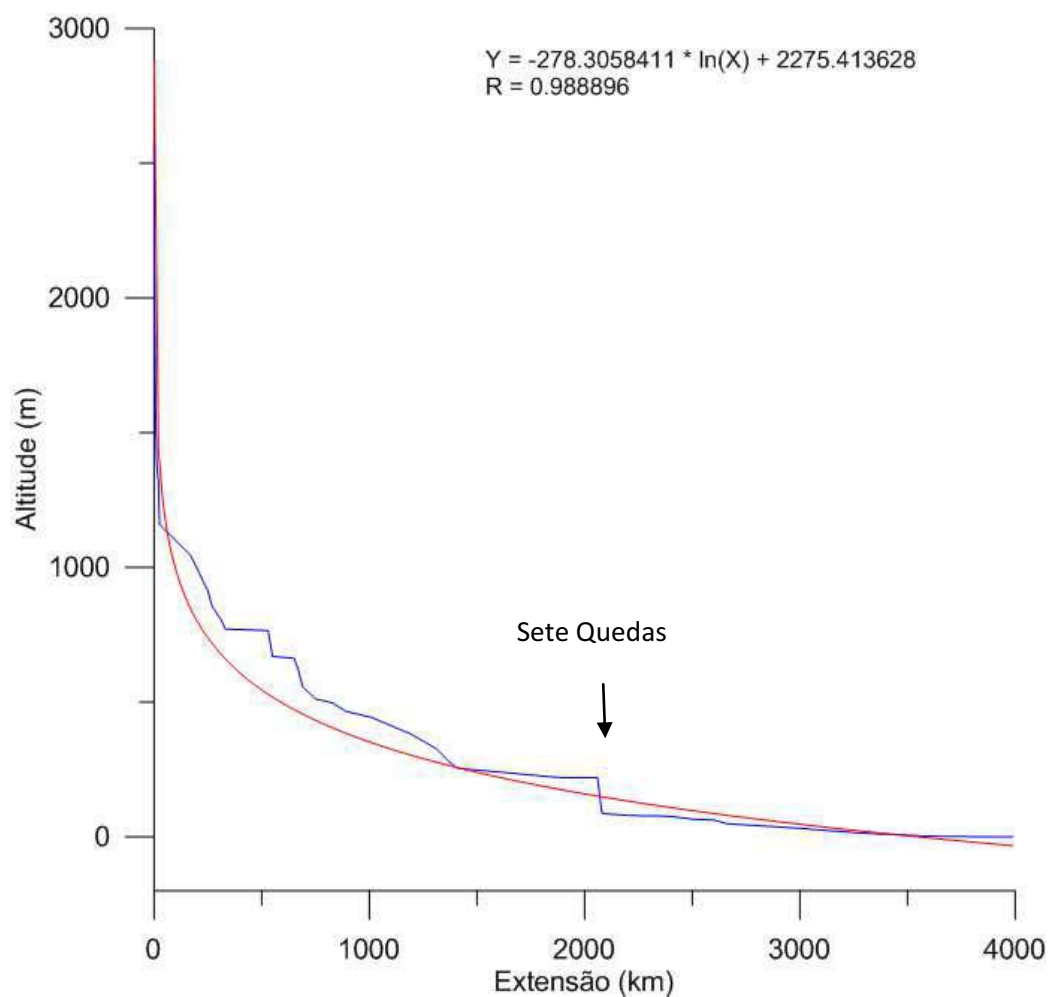


Figura 28 Perfil longitudinal do rio Paraná.

A área em estudo compreende o segmento do rio alto rio Paraná que se encontra livre de barramentos, que se desenha da jusante da barragem de Porto Primavera e se estende até o início do reservatório de Itaipu, no município de Guaíra - PR. Ao longo dos seus 255 km de extensão ocorre à entrada de vários afluentes, dentre eles se destacam na margem direita os rios Ivinheima, Amambaí e Iguatemi e na margem esquerda os rios Ivaí e Piquiri (fig. 29).

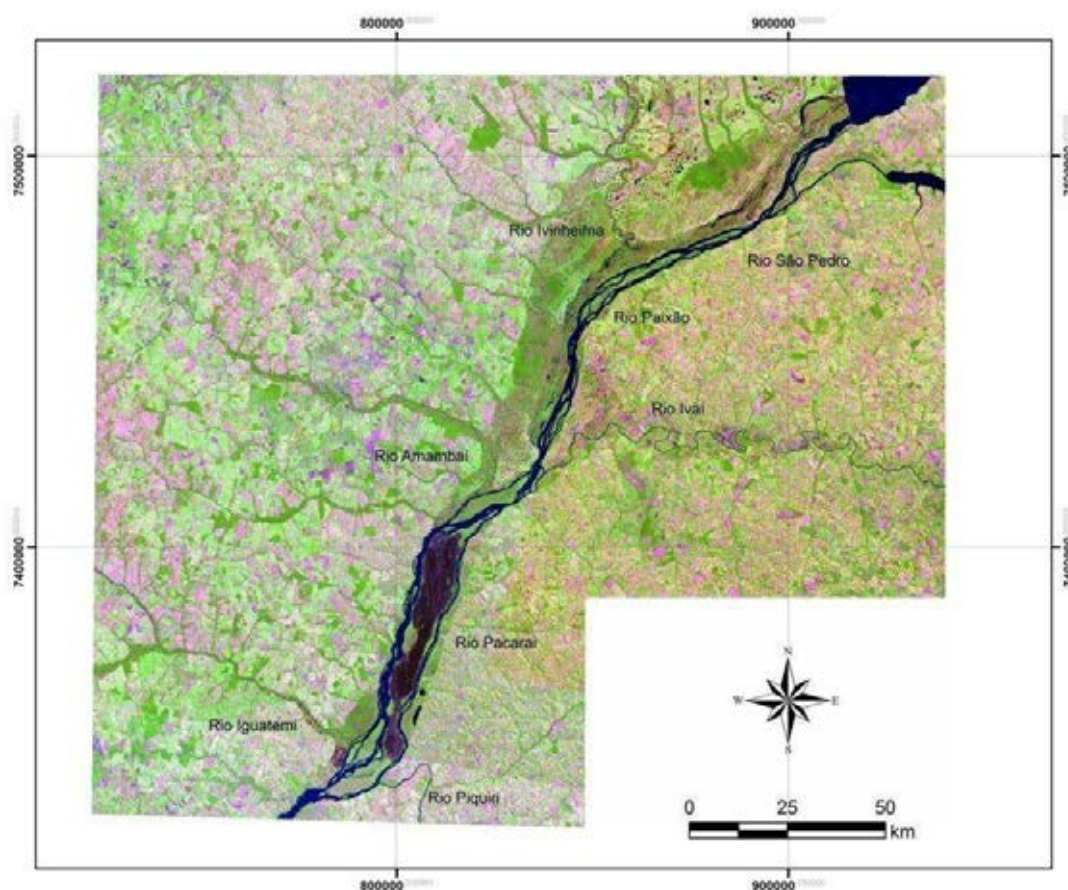


Figura 29 Mapa de localização dos cursos fluviais estudados no âmbito do perfil longitudinal e anomalia de drenagem. Fonte: TM/Landsat. (R5G4B3)

No trecho em estudo o rio Paraná ao longo de seu curso possui altitudes que variam de 237,9m a 220m, perfazendo uma amplitude altimétrica de apenas 17,9m. Ao analisar o perfil longitudinal do rio Paraná no trecho estudado (fig.30), verifica-se que ele não apresenta nenhum processo de desajuste fluvial, tendo sua linha de melhor ajuste próximos ao perfil de equilíbrio.

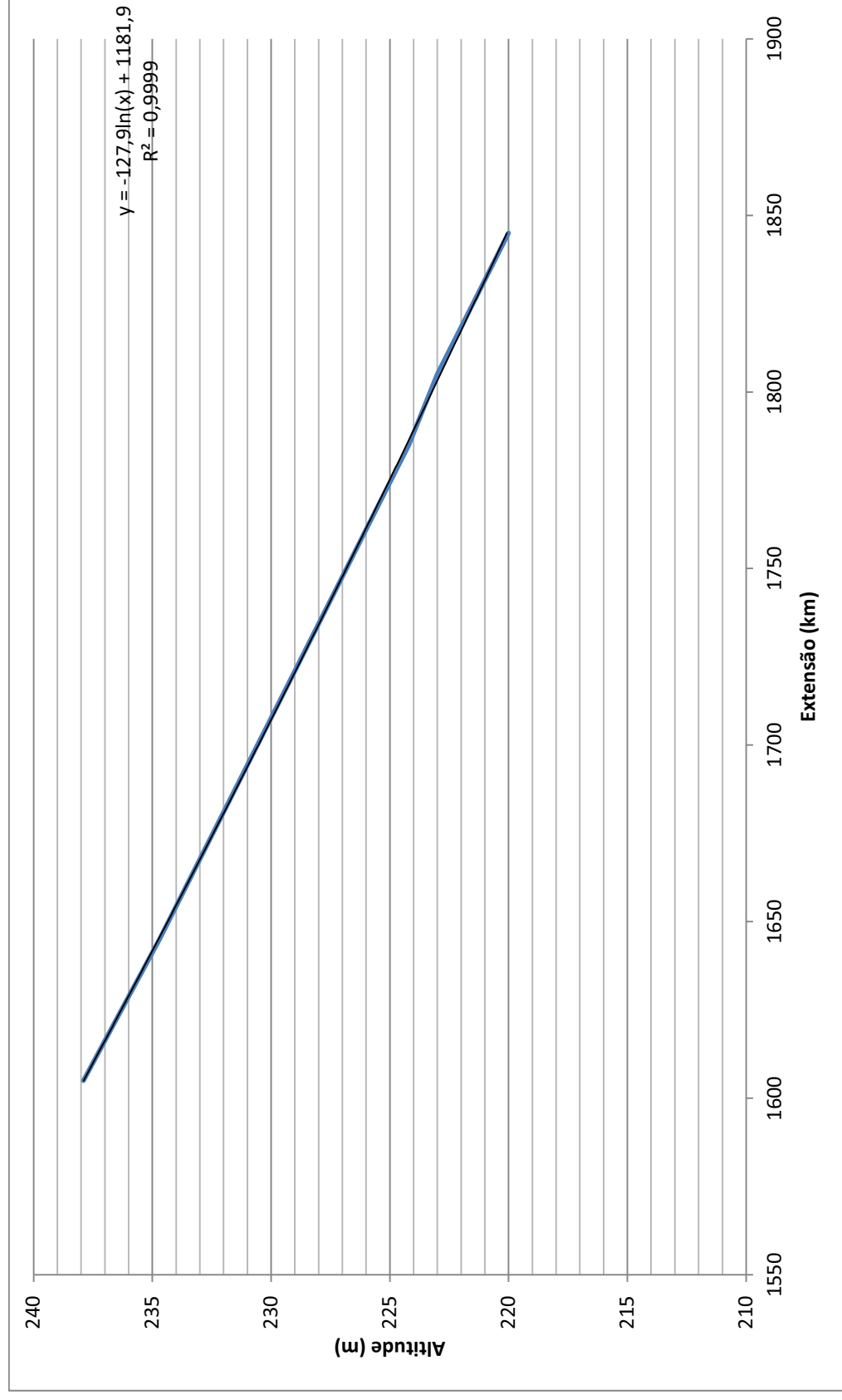


Figura 30 Perfil longitudinal do rio Paraná, no segmento de jusante do reservatório de Porto Primavera ao início do reservatório de Itaipu

EVIDÊNCIAS DE DESAJUSTE FLUVIAL NOS RIOS DO FLANCO OESTE DO VALE DO ALTO RIO PARANÁ

RIO IVINHEIMA

O rio Ivinheima nasce a 690m de altitude na Serra de Maracaju e percorre 649km até desaguar no alto rio Paraná a uma altitude de 240m, e possui um índice de sinuosidade de 2,5. Ao longo de sua extensão percorre litologias do Grupo Caiuá, Grupo São Bento, representada pela Formação Serra Geral e os depósitos aluviais, que para Sallun et al. (2007) corresponde a Aloformação rio Paraná.

Ao longo de sua extensão o rio Ivinheima apresenta-se em desajuste fluvial, sendo distinguidos trechos em equilíbrio, ascensão e subsidência (fig.31).

Os trechos em equilíbrio são observados em dois momentos na região de nascente e entre os quilômetros 20 a 50 de extensão. Os trechos em ascensão são observados entre os quilômetros 5 a 20 de extensão, já os de subsidência constitui o maior trecho, a partir dos 50 km de extensão até a sua desembocadura no rio Paraná.

De acordo com a aplicação do índice de Hack, foi possível identificar 24 trechos dos quais 6 apresentam em equilíbrio e 18 com presença de anomalias de 2ª ordem, sendo observadas no segmento 5 e entre os segmentos 7 a 23 (tab. 1).

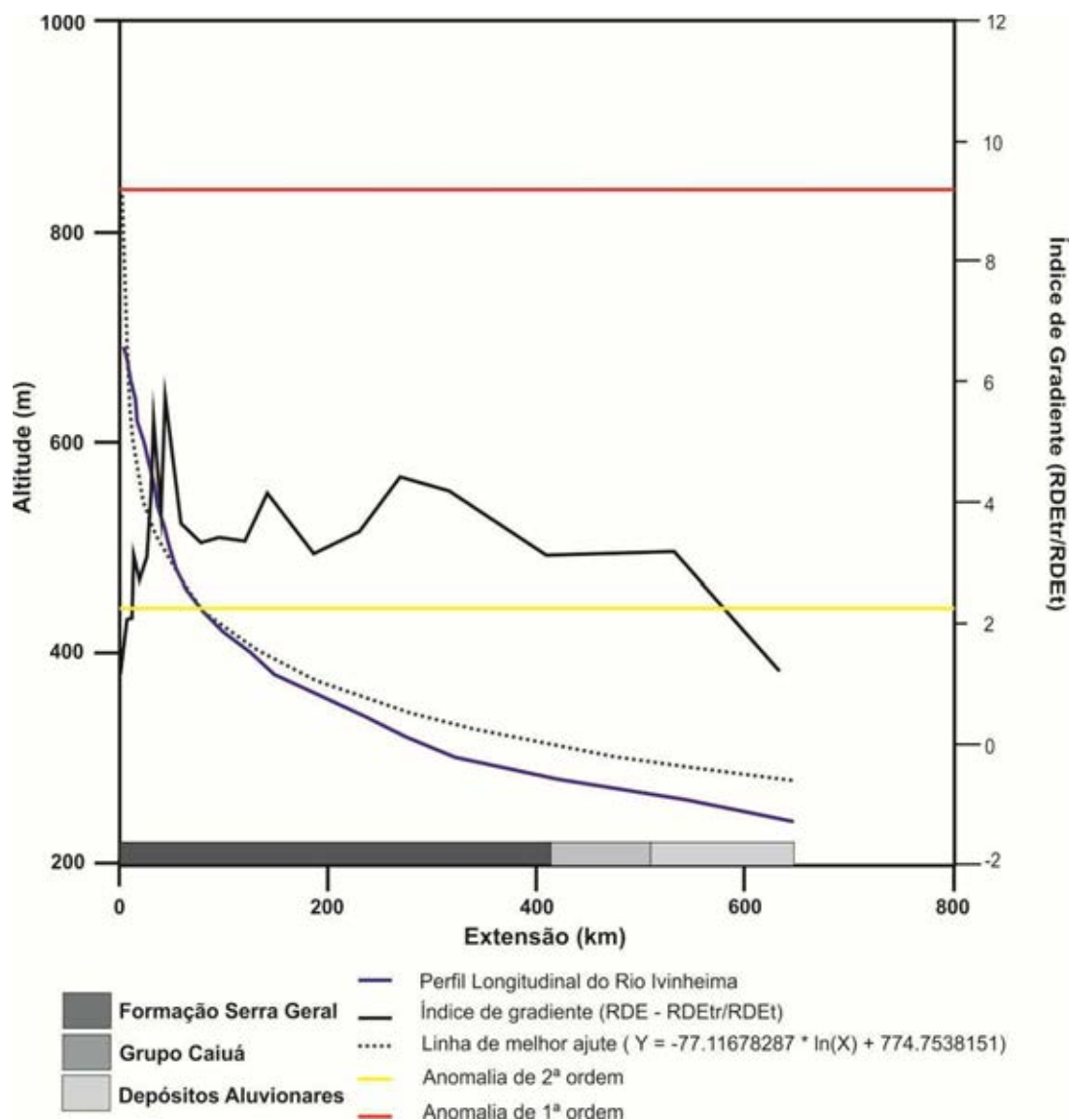


Figura 31 Perfil longitudinal do rio Ivinheima em escala aritmética.

RIO AMAMBAÍ

O rio Amambaí, como o rio Ivinheima, também nasce na Serra de Maracaju, a uma altitude de 660 m e deságua no rio Paraná a uma altitude de 240 m e um índice de sinuosidade de 1,87. Ao longo de 349 km de extensão, apresenta-se desajustado de nascente a foz, sendo distinguidos trechos em ascensão que corresponde um trecho de 130 km e os demais 219 km apresenta-se em subsidência (fig. 32).

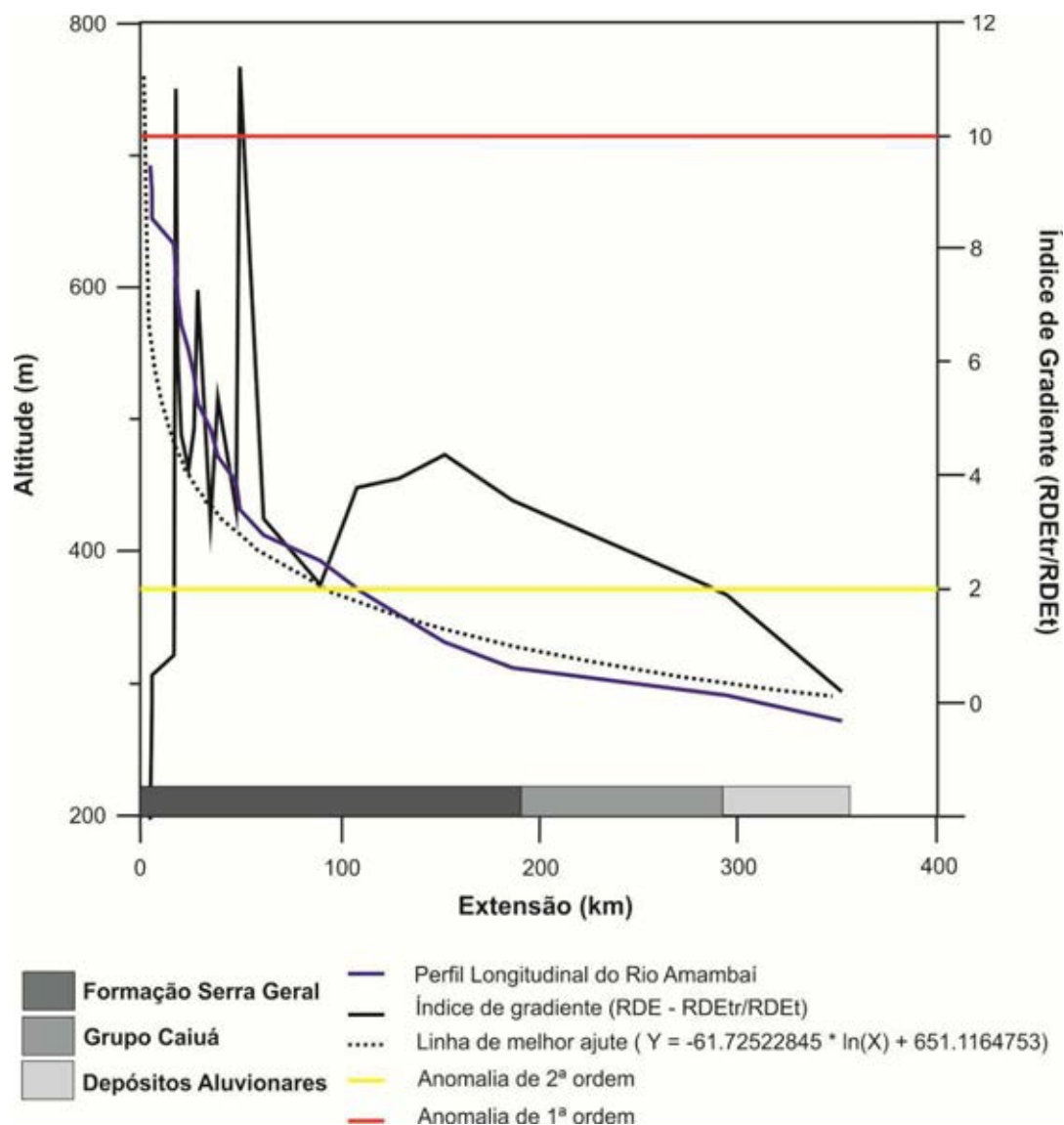


Figura 32 Perfil longitudinal do rio Amambai em escalas aritméticas.

Foram identificados, por meio da aplicação do índice de Hack, 22 segmentos, dos quais 7 correspondem segmentos em equilíbrio, 13 com presenças de anomalias de 2ª ordem e 2 com presença de anomalias de 1ª ordem (tab. 2).

Tabela 1 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Ivinheima

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (km)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	690	680	10	465,5	0,4655	0,021482	-7,18582	55,71332	-0,12898
2	680	660	20	2657	3,1225	0,007527	17,48212	55,71332	0,313787
3	660	640	20	2608	5,7305	0,007669	37,81058	55,71332	0,678663
4	640	620	20	4823	10,5535	0,004147	40,44578	55,71332	0,725962
5	620	600	20	2945	13,4985	0,006791	86,23769	55,71332	1,547883
6	600	580	20	5560	19,0585	0,003597	65,67806	55,71332	1,178857
7	580	560	20	5620	24,6785	0,003559	84,97687	55,71332	1,525252
8	560	540	20	4351	29,0295	0,004597	129,761	55,71332	2,329083
9	540	520	20	3420	32,4495	0,005848	185,0848	55,71332	3,322092
10	520	500	20	6500	38,9495	0,003077	117,3831	55,71332	2,106912
11	500	480	20	4197	43,1465	0,004765	201,7941	55,71332	3,622009
12	480	460	20	6060	49,2065	0,0033	159,7574	55,71332	2,86749
13	460	440	20	11170	60,3765	0,001791	106,6723	55,71332	1,914665
14	440	420	20	16000	76,3765	0,00125	94,47063	55,71332	1,695656
15	420	400	20	19660	96,0365	0,001017	96,88352	55,71332	1,738965
16	400	380	20	25380	121,4165	0,000788	95,04846	55,71332	1,706028
17	380	360	20	21730	143,1465	0,00092	131,0138	55,71332	2,35157
18	360	340	20	43130	186,2765	0,000464	86,00812	55,71332	1,543762
19	340	320	20	45210	231,4865	0,000442	102,0511	55,71332	1,831718
20	320	300	20	38240	269,7265	0,000523	140,6519	55,71332	2,524565
21	300	280	20	48000	317,7265	0,000417	132,0527	55,71332	2,370218
22	280	260	20	97230	414,9565	0,000206	85,19109	55,71332	1,529097
23	260	240	20	122360	537,3165	0,000163	87,69475	55,71332	1,574036
24	240	240	0	102800	640,1165	0	0	55,71332	0

RIO IGUATEMI

O rio Iguatemi nasce a 520 m de altitude sob rochas da Formação Serra Geral, e deságua no rio Paraná a 220 m depois de percorrer uma extensão de 306 km, possui um índice de sinuosidade de 1,98. Ao longo de sua extensão, de acordo com a linha de melhor ajuste é possível diagnosticar trechos em equilíbrio, correspondendo a 0 a 30 km e 50 e 80 km, mas foram identificados segmentos em ascensão, entre os quilômetros 70 a 150, perfazendo uma extensão de 80 km, e dois trechos em subsidência entre as altitudes 370 a 330, perfazendo uma extensão de 20 km e entre as altitudes 280 a 220, perfazendo uma extensão de 156 km (fig.33).

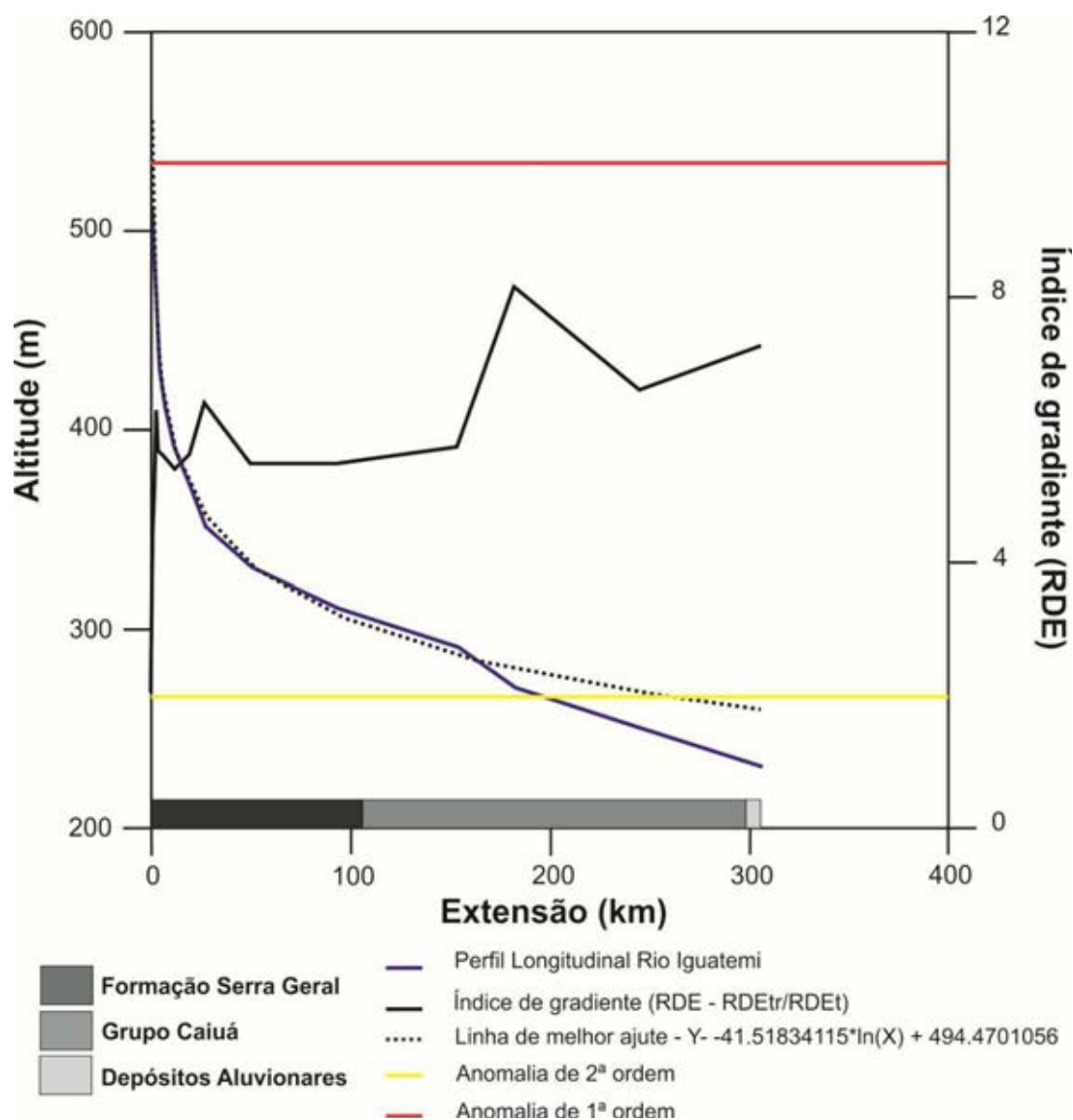


Figura 33 Perfil longitudinal do rio Iguatemi em escalas aritmética

Na drenagem do rio Iguatemi foi possível identificar 16 segmentos fluviais, dos quais 10 correspondem a segmentos em equilíbrio e os outros 6 segmentos com presença de anomalias de 2^a ordem, identificadas nos trechos 4, 5, 9, 12, 13, 14 e 15, o trecho que apresentou a maior razão $RDE_{\text{trecho}}/RDE_{\text{total}}$, foi o trecho 13 o qual apresentou uma razão de 5,340583 (tab. 3).

Tabela 2 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Amambai.

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (m)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	660	640	20	173,67	187	0,115161	-70,5937	68,31723	-1,03332
2	640	620	20	465,3	652,3	0,042983	-6,34859	68,31723	-0,09293
3	620	600	20	286,6	938,9	0,069784	9,692952	68,31723	0,141882
4	600	580	20	10980	11918,9	0,001821	20,25301	68,31723	0,296455
5	580	560	20	707,5	12626,4	0,028269	334,3152	68,31723	4,893571
6	560	540	20	1408	14034,4	0,014205	187,9886	68,31723	2,751702
7	540	520	20	2159	16193,4	0,009264	142,5975	68,31723	2,087285
8	520	500	20	2984	19177,4	0,006702	123,1729	68,31723	1,802956
9	500	480	20	2931	22108,4	0,006824	145,4002	68,31723	2,12831
10	480	460	20	2104	24212,4	0,009506	222,5513	68,31723	3,257617
11	460	440	20	6310	30522,4	0,00317	94,20729	68,31723	1,378968
12	440	420	20	4182	34704,4	0,004782	162,1444	68,31723	2,373405
13	420	400	20	8370	43074,4	0,002389	101,0141	68,31723	1,478604
14	400	380	20	2594	45668,4	0,00771	345,9399	68,31723	5,063728
15	380	360	20	11780	57448,4	0,001698	96,17725	68,31723	1,407804
16	360	340	20	28980	86428,4	0,00069	59,09482	68,31723	0,865006
17	340	320	20	18410	104838,4	0,001086	113,0238	68,31723	1,654397
18	320	300	20	21220	126058,4	0,000943	118,0569	68,31723	1,72807
19	300	280	20	22570	148628,4	0,000886	130,9955	68,31723	1,917459
20	280	260	20	34420	183048,4	0,000581	105,8968	68,31723	1,550075
21	260	240	20	108050	291098,4	0,000185	53,73409	68,31723	0,786538
22	240	240	0	57890	348988,4	0	0	68,31723	0

Tabela 3 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Iguatemi

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (m)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	520	500	20	187	187	0,106952	-65,5615	23,75026	-2,76045
2	500	480	20	1105	1292	0,0181	8,904977	23,75026	0,374942
3	480	460	20	843	2135	0,023725	31,6726	23,75026	1,333569
4	460	440	20	550,5	2685,5	0,036331	68,50136	23,75026	2,884237
5	440	420	20	1294	3979,5	0,015456	49,14219	23,75026	2,069123
6	420	400	20	2412	6391,5	0,008292	46,36401	23,75026	1,952148
7	400	380	20	5400	11791,5	0,003704	40,70926	23,75026	1,714056
8	380	360	20	8080	19871,5	0,002475	47,20668	23,75026	1,987628
9	360	340	20	7410	27281,5	0,002699	71,47503	23,75026	3,009443
10	340	320	20	23150	50431,5	0,000864	42,87819	23,75026	1,805378
11	320	300	20	42850	93281,5	0,000467	43,16523	23,75026	1,817464
12	300	280	20	60300	153581,5	0,000332	50,6738	23,75026	2,133611
13	280	260	20	28600	182181,5	0,000699	126,8402	23,75026	5,340583
14	260	240	20	62400	244581,5	0,000321	78,1351	23,75026	3,289863
15	240	220	20	61450	306031,5	0,000325	99,34304	23,75026	4,18282
16	220	220	0	0	306031,5	0	0	23,75026	0

EVIDÊNCIAS DE DESAJUSTE FLUVIAL NOS RIOS DO FLANCO LESTE DO VALE DO ALTO RIO PARANÁ

RIO IVAÍ

Os resultados referentes ao rio Ivaí são de origem da dissertação elaborada por Fujita (2009), nos estudos de perfil longitudinal e anomalias de drenagem na bacia hidrográfica do rio Ivaí.

O rio Ivaí possui uma extensão de 798 km, de sua nascente no rio dos Patos até sua foz junto ao rio Paraná, as altitudes variam de 1160 a 240 m, que representa uma amplitude de relevo de 920 m e um índice de sinuosidade de 2,17. Em relação à curva côncava de um rio equilibrado, o rio Ivaí apresenta-se em desajuste fluvial de nascente à foz, onde se podem distinguir áreas em ascensão (convexas) e subsidências (côncavas) seguidas por rupturas de declive (fig. 34). Dos 32 trechos mensurados no rio Ivaí, 13 apresentaram-se anômalos, sendo 9 com anomalias de 2ª ordem e 4 segmentos com anomalias de 1ª ordem (tab.4).

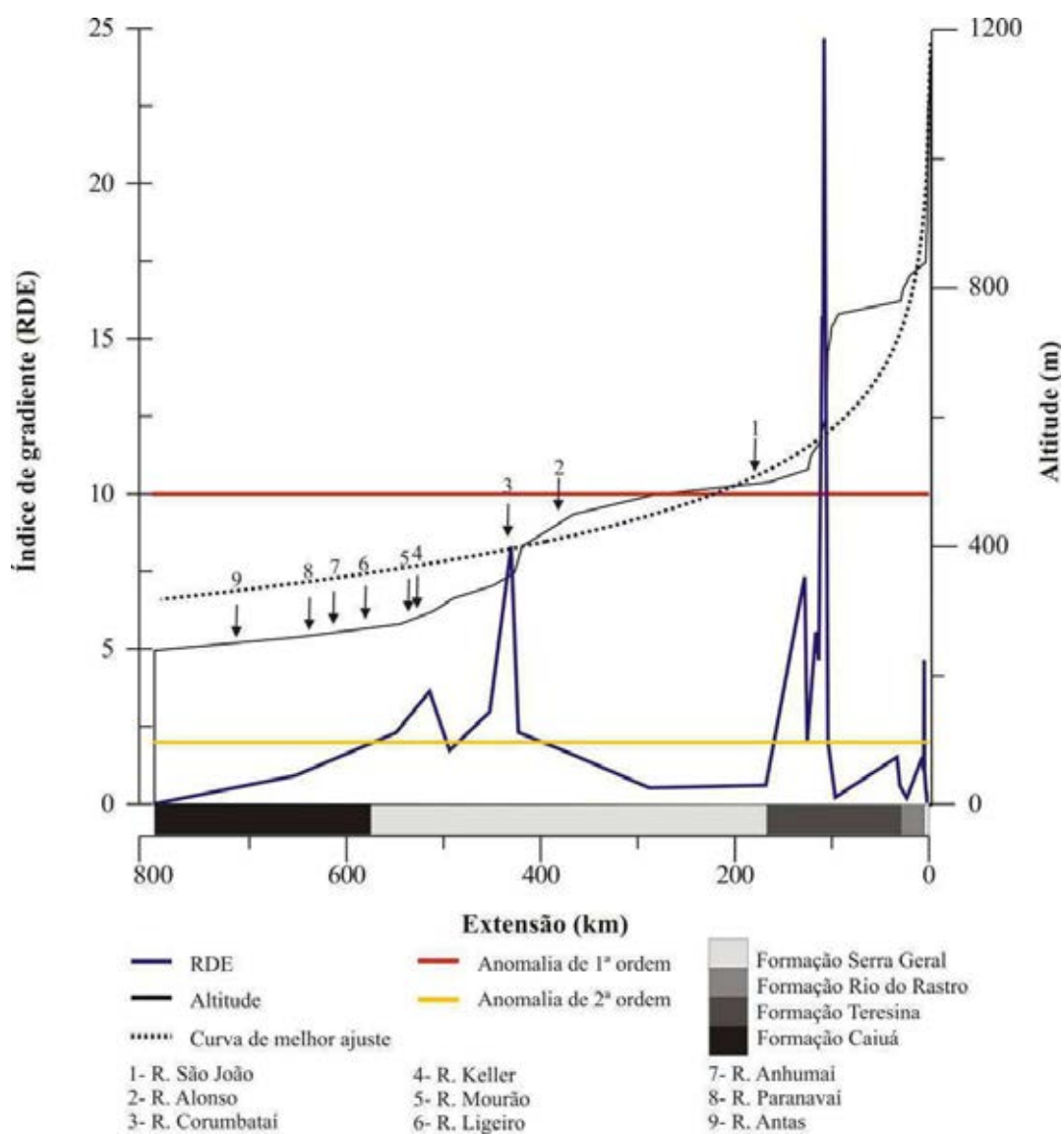


Figura 34 Perfil longitudinal composto do rio Ivaí. Fonte: (FUJITA, 2009)

Tabela 4 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Ivaí. RDE. Modificado de FUJITA, 2009.

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (m)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	1160	1140	20	1	1	0,02	4	137,6811	0,029053
2	1140	1100	40	0,5	1,5	0,08	56	137,6811	0,406737
3	1100	1080	20	0,5	2	0,04	48	137,6811	0,348632
4	1080	1000	80	1,5	3,5	0,053333	144	137,6811	1,045895
5	1000	900	100	0,5	4	0,2	640	137,6811	4,648423
6	900	880	20	0,5	4,5	0,04	148	137,6811	1,074948
7	880	860	20	0,5	5	0,04	168	137,6811	1,220211
8	860	840	20	0,5	5,5	0,04	188	137,6811	1,365474
9	840	820	20	0,5	6	0,04	208	137,6811	1,510738
10	820	800	20	16	22	0,00125	26,5	137,6811	0,192474
11	800	780	20	7	29	0,002857	80,57143	137,6811	0,585203
12	780	760	20	3	32	0,006667	208	137,6811	1,510738
13	760	740	20	63,5	95,5	0,000315	29,82677	137,6811	0,216637
14	740	720	20	7,5	103	0,002667	272,5333	137,6811	1,979454
15	720	700	20	1,5	104,5	0,013333	1382,667	137,6811	10,04253
16	700	620	80	2,5	107	0,032	3398,4	137,6811	24,68313

Continuação...

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (m)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
17	620	600	20	1	108	0,02	2144	137,6811	15,57222
18	600	580	20	1	109	0,02	2164	137,6811	15,71748
19	580	560	20	3,5	112,5	0,005714	638,2857	137,6811	4,635972
20	560	540	20	3	115,5	0,006667	764,6667	137,6811	5,553898
21	540	520	20	9	124,5	0,002222	274,8889	137,6811	1,996562
22	520	500	20	2,5	127	0,008	1009,6	137,6811	7,332888
23	500	480	20	40	167	0,0005	83,1	137,6811	0,603569
24	480	450	30	120	287	0,00025	71,55	137,6811	0,519679
25	450	400	50	82	369	0,00061	224,5122	137,6811	1,630668
26	400	360	40	53	422	0,000755	317,8868	137,6811	2,308863
27	360	340	20	7,5	429,5	0,002667	1143,2	137,6811	8,303246
28	340	320	20	22	451,5	0,000909	409,7273	137,6811	2,975915
29	320	300	20	41,5	493	0,000482	237,2048	137,6811	1,722857
30	300	280	20	20,5	513,5	0,000976	500,1951	137,6811	3,632998
31	280	260	20	34,5	548	0,00058	317,2174	137,6811	2,304001
32	260	240	20	250	798	0,00008	63,776	137,6811	0,463215

RIO PIQUIRI

O rio Piquiri constitui um dos principais rios do estado do Paraná nasce 1080 m de altitude nas proximidades do município de Guarapuava e Turvo e percorre 691km quando deságua no rio Paraná a uma altitude de 240 m entre os municípios de Altonia e Terra Roxa, possui um índice de sinuosidade de 2,35. Corre sobre rochas da do Grupo São Bento e Grupo Caiuá.

Ao longo de seu curso o rio Piquiri apresenta trechos em desequilíbrios e equilíbrio fluvial. É possível visualizar pela figura 35 que o rio Piquiri encontra-se com seu perfil em desajuste de ascensão em seus primeiros 200 km, observando vários ressaltos topográficos, dos 200 aos 500 km de extensão apresenta-se ajustado a sua linha de equilíbrio, em seguida novamente em desequilíbrio de subsidência.

O rio Piquiri por meio da aplicação do índice de Hack foi dividido em 22 trechos, dos quais 9 foram classificados como anomalia de 2ª ordem, os demais trechos considerados em equilíbrio (tab.5).

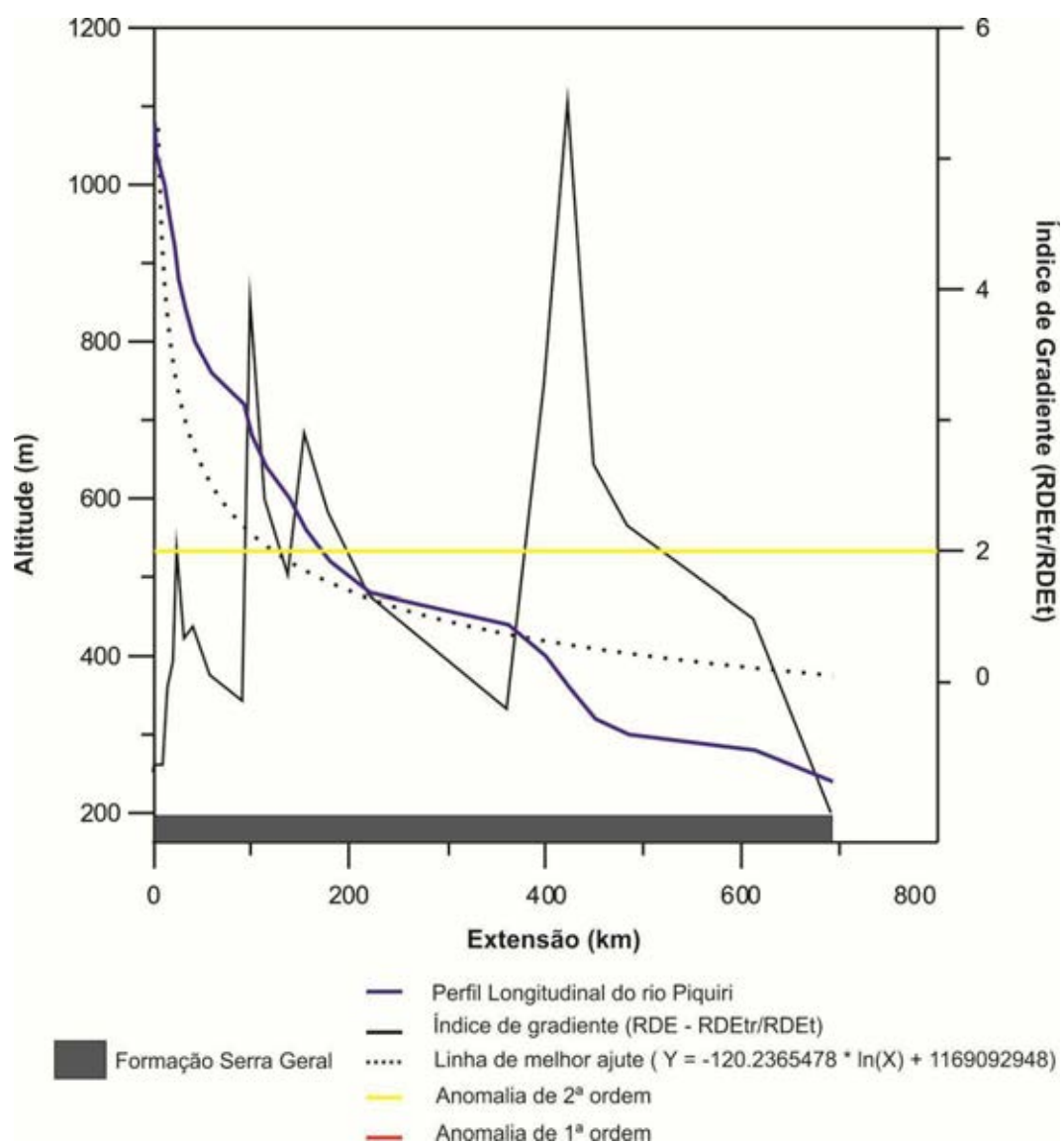


Figura 35 Perfil longitudinal do rio Piquiri em escalas aritmética

Tabela 5 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Piquiri.

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (km)	Declividade (m/m)	RDETRECH O	RDETOTAL	RDETRECH O/RDETOT AL
1	1080	1040	40	245,2	0,2452	0,163132	40	128,471	0,311354
2	1040	1000	40	1371	1,6162	0,029176	47,1539	128,471	0,367039
3	1000	960	40	8690	10,3062	0,004603	47,43936	128,471	0,369261
4	960	920	40	4941	15,2472	0,008096	123,4341	128,471	0,960794
5	920	880	40	5580	20,8272	0,007168	149,2989	128,471	1,162122
6	880	840	40	3811	24,6382	0,010496	258,6009	128,471	2,012913
7	840	800	40	7490	32,1282	0,00534	171,5792	128,471	1,335548
8	800	760	40	8970	41,0982	0,004459	183,2696	128,471	1,426544
9	760	720	40	17200	58,2982	0,002326	135,5772	128,471	1,055314
10	720	680	40	33160	91,4582	0,001206	110,3235	128,471	0,858743
11	680	640	40	7910	99,3682	0,005057	502,4941	128,471	3,911342
12	640	600	40	14850	114,2182	0,002694	307,6585	128,471	2,39477
13	600	560	40	23640	137,8582	0,001692	233,2626	128,471	1,815683
14	560	520	40	16590	154,4482	0,002411	372,3887	128,471	2,898621
15	520	480	40	24260	178,7082	0,001649	294,6549	128,471	2,293552
16	480	440	40	41040	219,7482	0,000975	214,1795	128,471	1,667143
17	440	400	40	141110	360,8582	0,000283	102,2913	128,471	0,796221
18	400	360	40	37960	398,8182	0,001054	420,251	128,471	3,271174
19	360	320	40	24240	423,0582	0,00165	698,1158	128,471	5,434035
20	320	300	20	26290	449,3482	0,000761	341,8396	128,471	2,660831
21	300	280	20	34360	483,7082	0,000582	281,5531	128,471	2,191569
22	280	240	40	128320	612,0282	0,000312	190,7819	128,471	1,485019

RIO SÃO PEDRO

O Rio São Pedro está localizado na Bacia hidrográfica do Paraná I. O curso fluvial possui uma extensão de 20, 203 km, tem um índice de sinuosidade de 1,04, tem sua nascente a 380 m de altitude e deságua no rio Paraná a uma altitude de 240m, correndo por todo o seu curso sobre as rochas do Grupo Caiuá.

Ao longo de sua extensão encontra-se praticamente todo em desajuste fluvial, exceto seus primeiros 4 km de extensão. Por meio da figura 36, é possível visualizar que o rio São Pedro apresenta desajuste fluvial de ascensão, de aproximadamente 12 km, sendo diagnosticadas pequenas rupturas de declive, as quais possibilitam a formação de pequenos saltos, cachoeiras ou mesmo corredeiras ao longo do curso. Nos últimos quilômetros apresenta um grande ressalto topográfico que dá início ao desajuste de subsidência até chegar ao rio Paraná, onde em sua desembocadura se desenvolve uma barra arenosa.

Dos 7 trechos diagnosticados pelo índice de Hack, 5 são classificados como anomalias de 2ª ordem, ou seja a razão RDE_{tr}/RDE_t encontra-se no limiar entre 2 a 10. O último trecho os valores da razão RDE_{tr}/RDE_t próximos a 10 (tab.6), isso pode ter influencia das mudanças de textura granulométrica, e vazão.

RIO PAIXÃO

O rio Paixão também está localizado na bacia hidrográfica do Paraná I, corre sobre as rochas do Grupo Caiuá. Possui uma extensão de aproximadamente 31 km. Nasce a uma altitude de 360 m e deságua junto ao rio Paraná a 240m, totalizando uma amplitude de 120m e um índice de sinuosidade de 1,42..

Este rio encontra-se em desajuste fluvial, por quase toda sua extensão, exceto seus três primeiros quilômetros. Foi possível diagnosticar (fig.37) desajustes fluviais de ascensão, que se encontram alocadas entre as altitudes 330 a 270 m, perfazendo uma extensão de 10 km. No restante de sua extensão é possível diagnosticar um desajuste fluvial de subsidência.

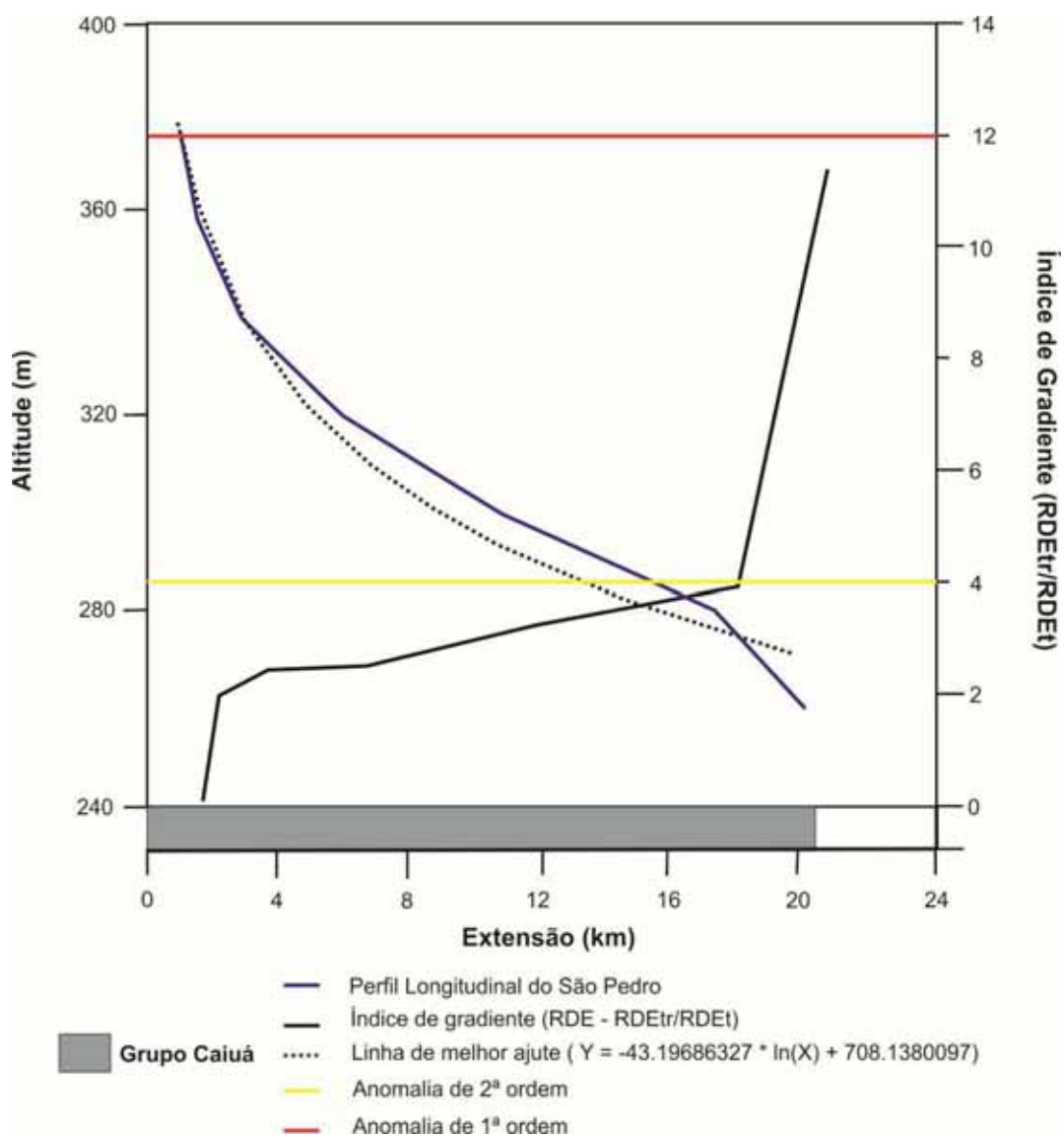


Figura 36 Perfil longitudinal do rio São Pedro em escalas aritmética.

O rio Paixão foi segmentado em 6 trechos fluviais dos quais 5 encontra-se em anomalias de 2ª ordem, razões RDE_{tr}/RDE_t entre os limiares 2 a 10, dos quais não ultrapassaram a 6 (tab.7).

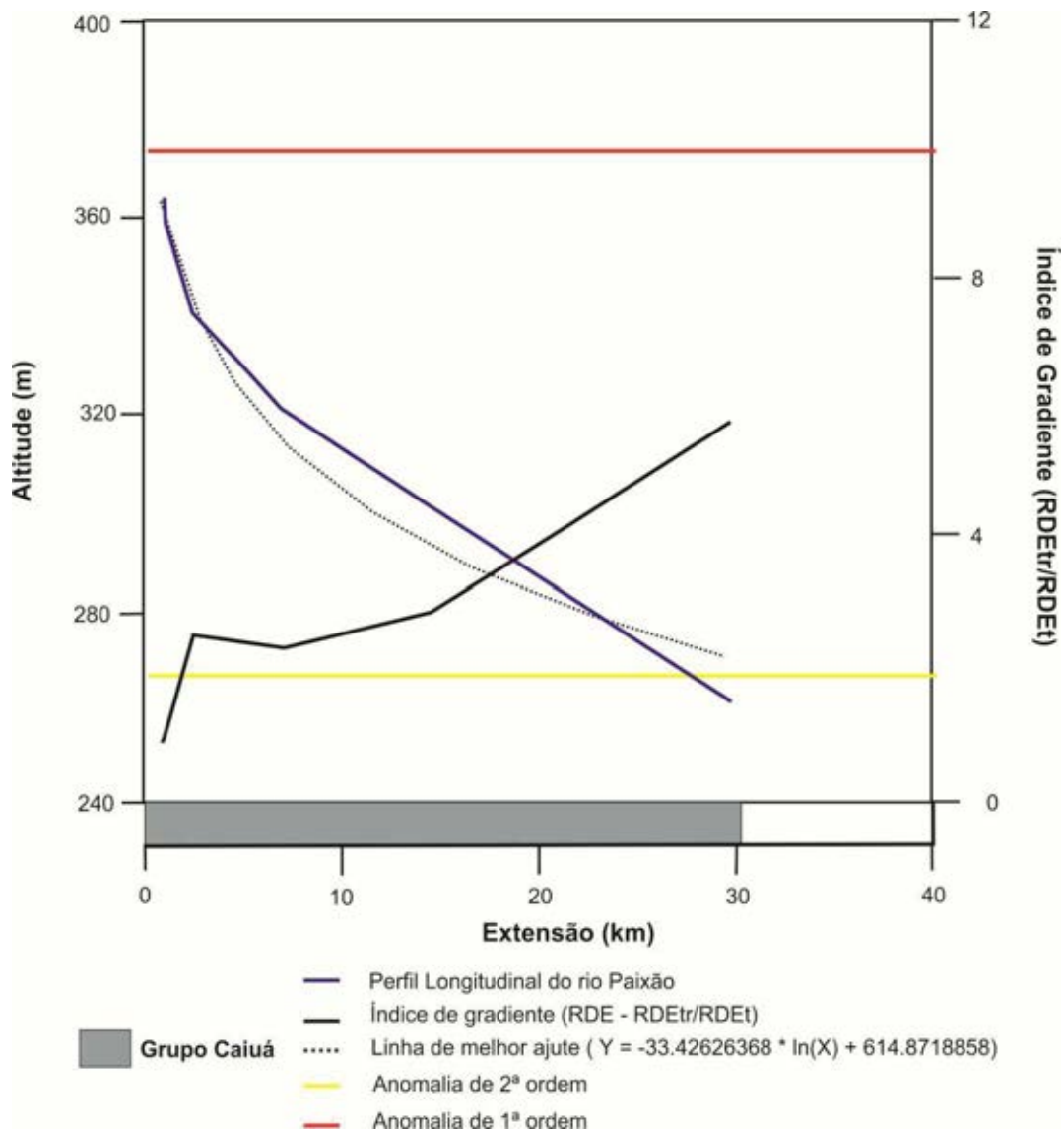


Figura 37 Perfil longitudinal do rio Paixão em escalas aritmética.

RIO PACARAI

O rio Pacarai, encontra-se localizado na Bacia hidrográfica do Paraná 2. Corre sobre as rochas do Grupo Caiuá, mas ao longo do curso fluvial encontra-se sobre Aluviões em Terraços (alto e médio curso) e Aluviões atuais, no baixo curso. Nasce a 420 m de altitude e percorre uma extensão de 45, 310 km até chegar ao rio Paraná em uma altitude de 231m, totalizando uma amplitude de 189 m. De acordo com a curva de seu perfil longitudinal o rio Pacarai encontra-se em desequilíbrio fluvial, apresentando dois trechos em subsidência e um em

ascensão, mas também é necessário destacar que no início de seu curso apresenta seu trecho em equilíbrio (fig. 38).

Na tabela 8 é possível verificar que dos 10 trechos fluviais, dos quais 7 apresentam-se em anomalia de 2ª ordem, anomalias essas que não passam de 3,6.

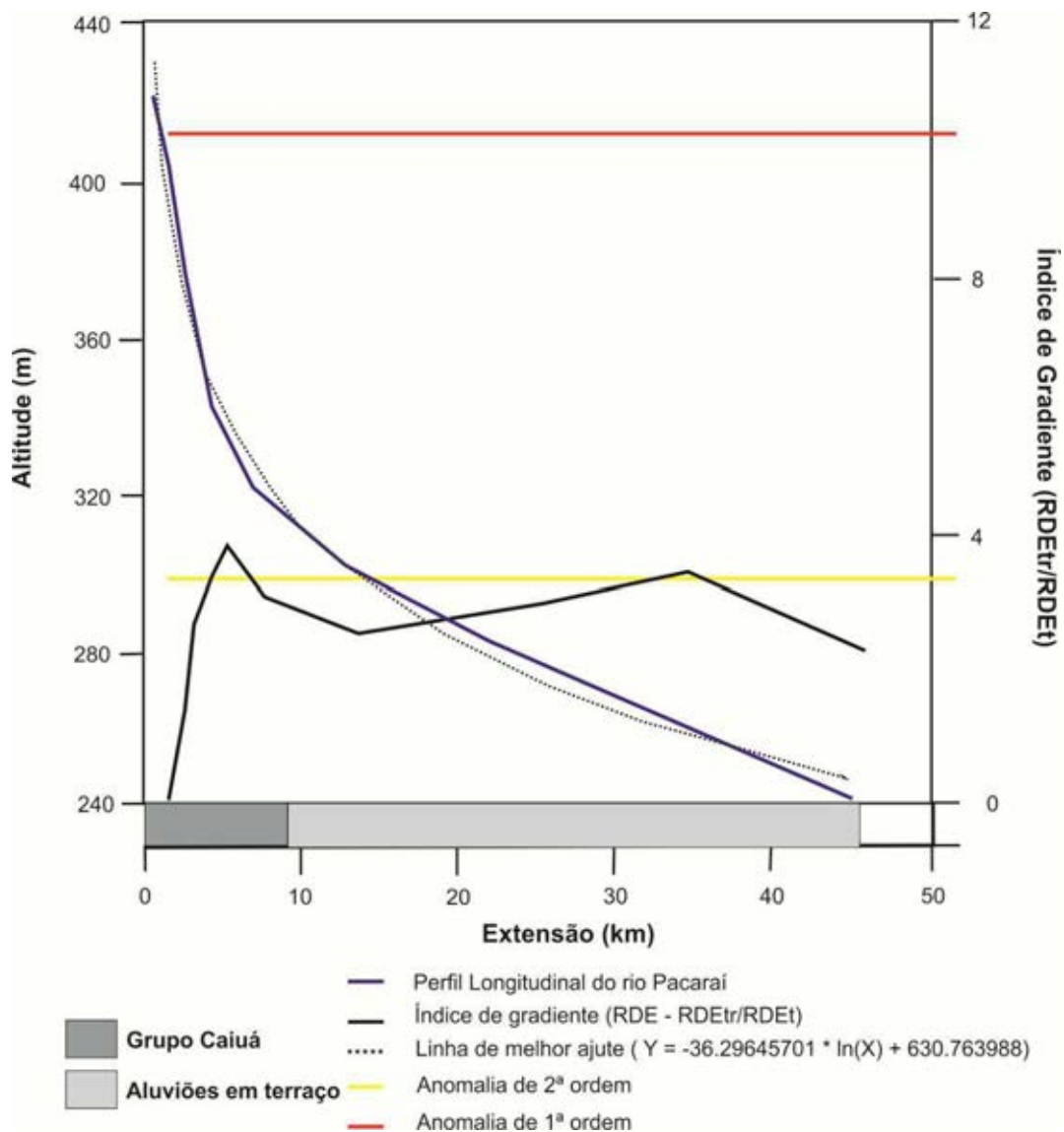


Figura 38 Perfil longitudinal do rio Pacaraí em escala aritmética.

DISCUSSÃO

Os cursos fluviais representam agentes escultores e modeladores do relevo, proporcionando por meio dos processos fluviais a esculturação de vales e a formação de depósitos aluviais. Representam um dos elementos mais sensíveis as atividades tectônicas, o que o torna um dos principais elementos a serem trabalhados nas análises morfométricas (ETCHEBEHERE et al, 2006).

Entendem-se como rios em equilíbrio (*graded rivers*), os cursos fluviais que apresentam a curva de seu perfil longitudinal mais ajustada a uma equação logarítmica, não apresentando ao longo de seu curso nenhum processo de agradação ou entalhe fluvial (ETCHEBEHERE, 2000, FORTES, 2003), ou seja, rios que atingiram um estágio de estabilidade (MORISSAWA, 1968).

Dentre os estudos morfométricos, os estudos de perfil longitudinal, mesmo sendo uma técnica muito antiga auxilia no entendimento da configuração de um sistema fluvial (Larue, 2008) pois nele refletem as influencias geológicas, tectônicas e de mudança de nível de base (Richards, 1982).

Levando em conta a premissa dos cursos fluviais em equilíbrio dinâmico, autores, como por exemplo Guedes et al (2006), utilizaram afastamentos da curva do perfil longitudinal para a sua linha de melhor ajuste (a curva mais ajustada a uma equação logarítmica) acima de 10 metros, considerando desajustes nos cursos fluviais, podendo a ser indicativos de áreas influenciadas por processos tectônicos.

Todos os canais fluviais estudados apresentaram desequilíbrios fluviais, essas irregularidades podem ser justificadas pelo encontro de afluentes de maior porte pelas modificações abruptas na carga sedimentar, pelo aumento da vazão (CARLSTON, 1969), mas também podem estar relacionados à existência de substratos rochosos mais resistentes (mudança de nível de base local) (SEEBER & GORTNITZ, 1983) e a influencia estrutural local e regional.

Os rios Ivinheima, Amambaí e Iguatemi, estão desajustados apresentando trechos em ascensão e subsidência. Dos três cursos estudados o rio Iguatemi foi o que apresentou o seu perfil longitudinal mais ajustado à curva

de equilíbrio. Os ressaltos topográficos ao longo do perfil longitudinal estão vinculados a mudanças litológicas, mas muitas vezes podem compreender alterações na própria resistência litológica de uma mesma formação, mas também a influência estrutural.

Conforme a figura 39, ao longo de toda a extensão dos cursos fluviais foi possível verificar uma predominância de segmentos anômalos, identificados pelo índice de Hack, principalmente de anomalias de 2ª ordem. As anomalias de 1ª ordem só foi observada no rio Amambaí.

As anomalias de 2ª ordem estão relacionadas a áreas de confluência de canais, mudanças litológicas e também influência estrutural. Ao analisar os cursos fluviais é possível verificar um forte influência estrutural, os cursos mudam bruscamente o seu curso em função do encaixe em falhas e/ou fraturas.

As anomalias de 1ª ordem identificadas corroboram com as hipóteses de que na região do alto rio Paraná ocorreu à presença de atividade tectônica veiculadas ao sistema de falhas, depósitos associados ao rio Paraná e com maior expressividade ao lineamento NE/SW que é responsável pela mudança brusca do curso do rio Ivinheima, como ressaltado por Fortes et.al (2007) e possivelmente exerce também grande influência aos rios Amambaí e Iguatemi.

Fujita (2009) verificou que o rio Ivaí é um rio desajustado de início ao fim. Ao realizar a distribuição dos índices de RDE, na bacia do rio Ivaí, observou gradiente nas concentrações de altos valores no alto e médio curso, em função da alta densidade de drenagem associada a fatores como diversidade litológica e controle estrutural, entretanto no baixo curso, onde foram identificados valores de RDE mais ameno, verifica-se baixa densidade de drenagem, devido ao controle estrutural decorrente do alinhamento tectônico de NW e NE.

O rio Piquiri mesmo apresentando um perfil longitudinal desequilibrado, apresentou anomalias muito singelas, de 2ª ordem, ao observar a figura 40, as anomalias estão vinculadas a estrutura geológica, as áreas onde ocorrem as anomalias há presença de falhas/fraturas (imposição estrutural).

Os rios São Pedro, Paixão e Pacarai foram estudados para buscar possíveis indícios de atividades tectônicas ativas. Todos apresentaram o seu

curso em desajuste fluvial, sendo diagnosticados trechos em ascensão e subsidência.

As anomalias associadas a esses cursos fluviais podem estar vinculadas ao encontro de tributários (fig. 41), em função do aumento da vazão e com o aumento do calibre dos sedimentos, mas também a níveis de base local, áreas de soleiras, como mencionadas por Stevaux (1994) para o rio Paraná.

O rio São Pedro foi o que apresentou um índice de RDE mais expressivo, próximo ao limiar 10, acredita-se que isso esteja vinculado ao seu encontro com o rio Paraná, seu nível de base local, bem como a mudança brusca da vazão, uma vez que o *stream power* reflete diretamente ao índice de RDE aplicado, como ressalta os trabalhos de Chen et al (2003) e Chen et al (2006).

Tabela 6 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio São Pedro. RDE.

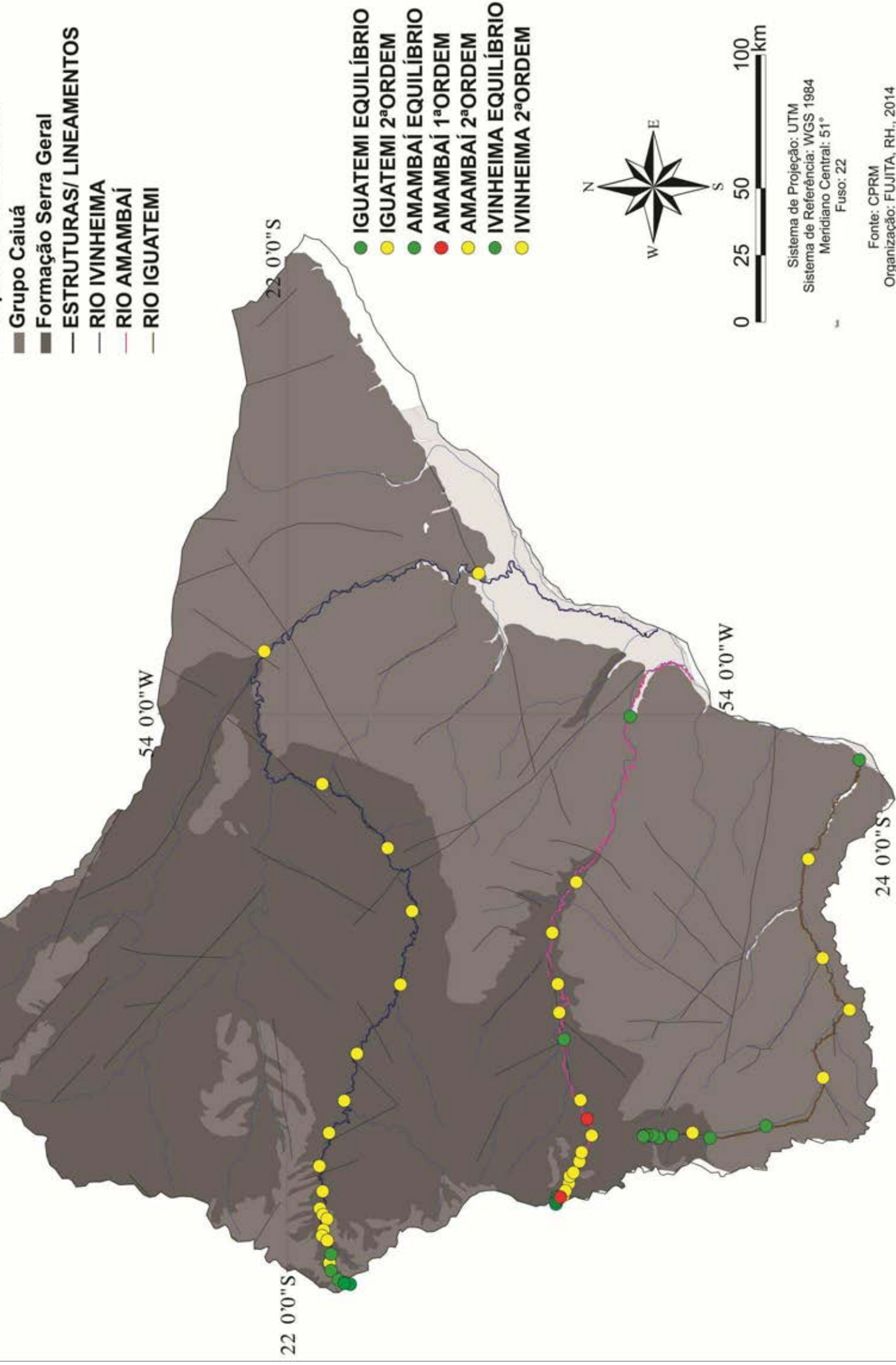
Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (km)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	380	360	20	999,45	999,45	0,020011	3,991195	14,12199	0,282623
2	360	340	20	588,16	1587,61	0,034004	26,78217	14,12199	1,896487
3	340	320	20	1323	2910,61	0,015117	31,90642	14,12199	2,259343
4	320	300	20	3123	6033,61	0,006404	33,51655	14,12199	2,373359
5	300	280	20	4835	10868,61	0,004137	41,64885	14,12199	2,94922
6	280	260	20	6582	17450,61	0,003039	50,59438	14,12199	3,582666
7	260	240	20	2753	20203,61	0,007265	140,9634	14,12199	9,981835

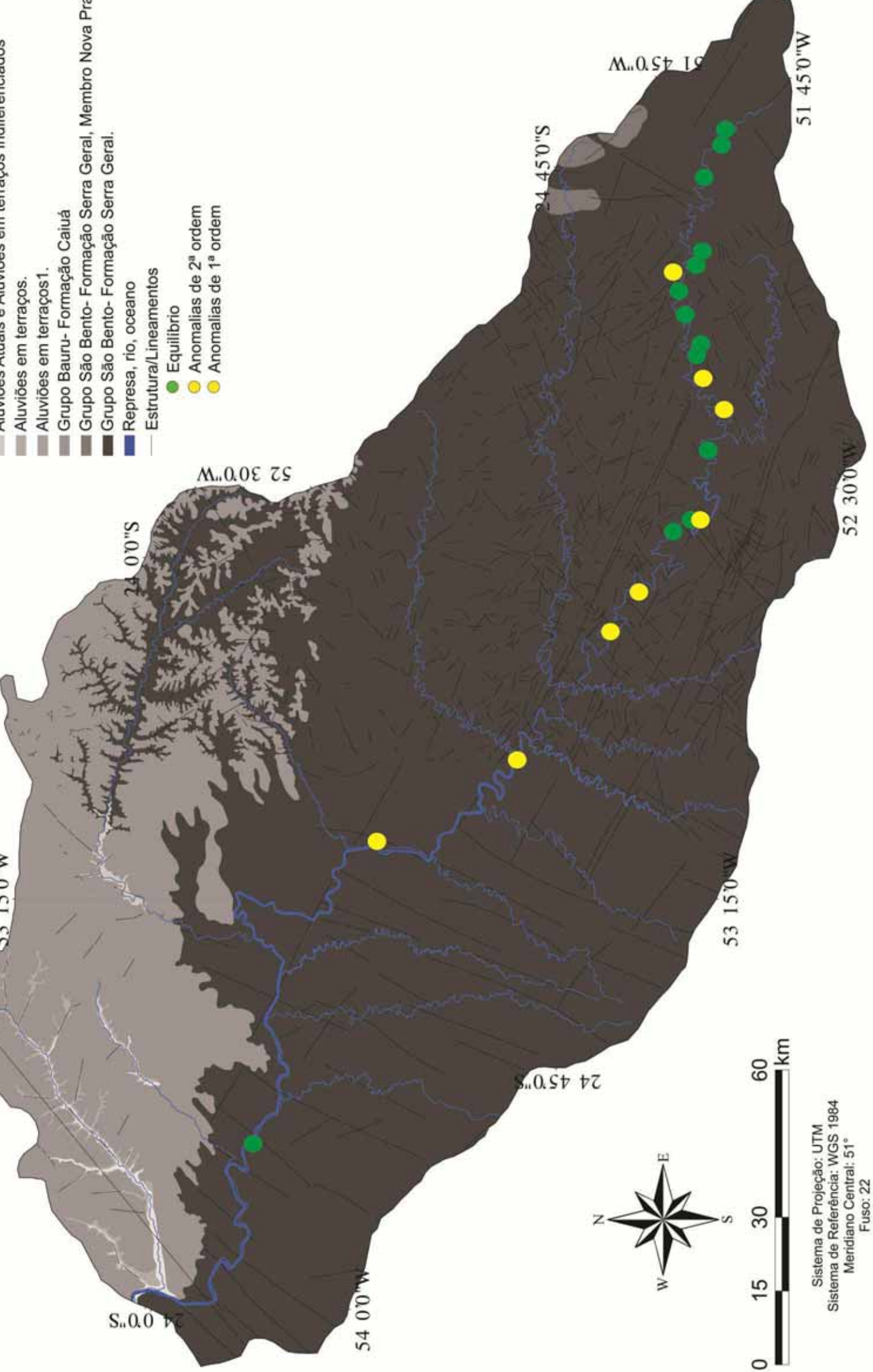
Tabela 7 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Paixão. RDE.

Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (km)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	360	340	20	1896	1896	0,010549	11,56118	13,53762	0,854004
2	340	320	20	1547	3443	0,012928	34,16936	13,53762	2,524029
3	320	300	20	1630	7964	0,004424	31,6921	13,53762	2,341039
4	300	280	20	4521	15570	0,00263	38,83776	13,53762	2,868876
5	280	260	20	7606	23282	0,002593	58,30394	13,53762	4,306808
6	260	240	20	7712	30994	0,002593	78,30394	13,53762	5,784172

Tabela 8 Tabela resumo das variáveis morfométricas do rio Pacarai. RDE.

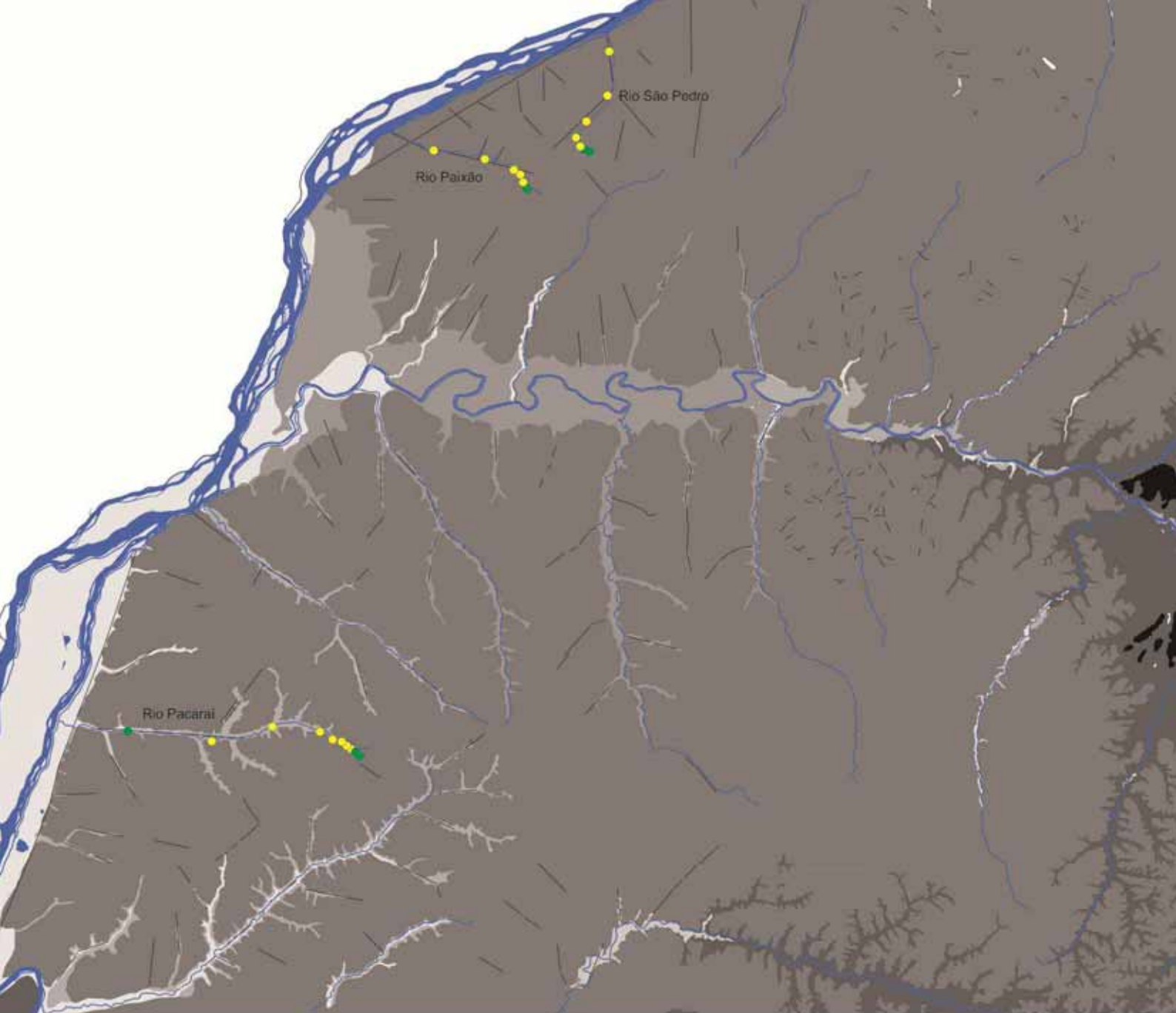
Trecho	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Amplitude (m)	Ext. Trecho (m)	Ext. Total (km)	Declividade (m/m)	RDE _{TRECHO}	RDE _{TOTAL}	RDE _{TRECHO} /RDE _{TOTAL}
1	420	400	20	634,79	634,79	0,031506	-5,20519	17,62849	-0,29527
2	400	380	20	973,81	1608,6	0,020538	16,60694	17,62849	0,942051
3	380	360	20	739,04	2347,64	0,027062	41,88244	17,62849	2,375838
4	360	340	20	931,27	3278,91	0,021476	53,23719	17,62849	3,019952
5	340	320	20	1145	4423,91	0,017467	63,29974	17,62849	3,590763
6	320	300	20	2405	6828,91	0,008316	50,13647	17,62849	2,844059
7	300	280	20	6044	12872,91	0,003309	39,95007	17,62849	2,266222
8	280	260	20	9310	22182,91	0,002148	45,93536	17,62849	2,605746
9	260	240	20	11695	33877,91	0,00171	56,56761	17,62849	3,208874
10	240	231	9	11432	45309,91	0,000787	35,04104	17,62849	1,987751





Fonte: MINEROPAR
Organização: FUJITA, RH., 2014

ção das anomalias de drenagem no rio Piquiri.



00'0"W

53 15'0"W

52 30'0"W

- Aluviões Atuais
- Aluviões Atuais e Aluviões em terraços Indiferenciados
- Aluviões em terraços
- Aluviões em terraços 1
- Coluviões derivados do Arenito Caiuá
- Grupo Bauru - Formação Caiuá
- Grupo São Bento - Formação Serra Geral
- Represa, rio, oceano
- Estrutura/ Lineamento
- Equilíbrio
- Anomalia 2ª ordem
- Anomalia 1ª ordem



0 10 20 40
km

Sistema de Projeção: UTM
Sistema de Referência: WGS 1984
Meridiano Central: 51°
Fuso: 22

Fonte: MINEROPAR
Organização: FUJITA, RH., 2014

1 Espacialização das anomalias de drenagem dos rios São Pedro, Paixão e Pacarai.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo foram obtidos a partir da sistematização dos resultados de trabalhos realizados no sistema fluvial alto rio Paraná, mapeamento geomorfológico e estrutural e a aplicação de alguns estudos morfométricos, delineados no perfil longitudinal e aplicação do Índice de Hack, para o alto rio Paraná. Diante dos resultados apresentados ao longo deste trabalho, puderam-se chegar às seguintes conclusões:

- O vale aluvial do alto rio Paraná foi compartimentado em seis unidades geomorfológicas: **Unidade Porto Rico, Unidade Taquaruçu, Unidade Fazenda Boa Vista, Unidade Rio Paraná, Unidade Guaíra, Unidade Campo Mourão.**
- A **Unidade Porto Rico** com 6.182 km², encontra-se distribuída por toda a área em estudo, correspondendo a áreas de depósitos coluviais associados ao intemperismo da Fm. Caiuá.
- A **Unidade Taquaruçu** é caracterizada por apresentar pequenas lagoas com diâmetros variando de centenas a milhares de metros, com 122.162 km², apresenta material predominantemente arenoso, com moderada quantidade de argila dispersa e um nível de cascalho, que se desenvolve em sua base. Possui idades entre 150.900±32.400 e 50.300±7.900 anos AP, que revelam que os depósitos foram formados em períodos mais secos com tendências semiáridas no Pleistoceno Tardio.
- A **Unidade Fazenda Boa Vista**, constitui um terraço aluvial escavado em antigos depósitos do rio Paraná em condições de fluxo mais enérgico, exibe área de charcos, com presença de paleocanais parcialmente recobertos por depósitos de leques aluviais. Datações realizadas revelam idades de 41.580 ± 1700 a 31.140 ± 760 anos AP, obtidas na base do conglomerado. Devido às características homólogas foi subdividida em duas subunidades: Fazenda Boa Vista Alta, antigo campo de dunas dissipadas, formado durante o evento árido mais recente no alto rio Paraná e Fazenda

Boa Vista Baixa, originada a partir do retrabalhamento de um sistema fluvial meandrante sobre a unidade Fazenda Boa Vista Alta.

- A **Unidade Rio Paraná** constitui a planície aluvial ativa do rio Paraná, que começou sua construção a partir de 6.000 anos AP, no evento úmido mais antigo, tem 2033 km² e se distribui por toda área de estudo. Esta unidade foi dividida em duas subunidades compreendendo o canal e ilhas e a várzea.
- A **Unidade Guaíra** ocupa uma área de 4,533 km² na margem esquerda do rio Paraná, possui a mesma textura e toponímia da subunidade Rio Paraná Várzea, porém o que a diferencia é o material sedimentar, proveniente de rochas da Formação Serra Geral.
- A **Unidade Campo Mourão** esta unidade assemelha-se a unidade Porto Rico, porém se desenvolve sobre as rochas da Formação Serra Geral. Acredita-se que ela seja a unidade mais antiga;
- As **lagoas** desenvolvidas na Unidade Taquaruçu se originaram por processos resultantes de iluviação/eluviação, mas também como resultados da ação tectônica na área;
- Os **leques aluviais** foram identificados em vários segmentos da área de estudo, totalizando 12 feições, perfazendo uma área de aproximadamente 402 km². Essas feições estão alocadas na planície de inundação atual do rio Paraná, não somente sobre a Unidade Fazenda Boa Vista;
- Os canais fluviais estudados apresentaram desequilíbrios fluviais. Os desequilíbrios fluviais podem ser justificados pelo encontro de afluentes de maior porte, mas também relacionados à existência de substratos rochosos mais e a influencia estrutural local e regional;
- As anomalias de 2^a ordem identificadas estão associadas a forte influencia estrutural regional e também ao encontro de canais fluviais de maior porte. Já as anomalias de 1^a ordem relacionadas ao flanco oeste do rio Paraná está relacionada à atividade tectônica ocorrida no Pleistoceno;
- Embora a metodologia utilizada, índice de gradiente, seja muito questionada entre o meio científico, ela foi de grande utilidade para o estudo, ressaltando as áreas influenciadas por atividades tectônicas pretéritas e recentes;
- A evolução do sistema fluvial Alto rio Paraná, segue as bases das teorias geomorfológicas, que para que ocorra evolução de um sistema é necessário

as fases de deformação crustal (atividade tectônica), câmbios climáticos e ação do tempo. O alto rio Paraná ao longo do Quaternário foi influenciado por eventos climáticos áridos, ocorridos entre 40.000 a 20.000 anos AP e 3500 a 1500 anos AP, e eventos climáticos úmidos, ocorridos entre 8000 a 3500 anos AP e 1500 anos AP até os dias atuais.

- O alto rio Paraná é fortemente marcado pela influencia estrutural regional, visto isso no desenvolvimento das unidades geomorfológicas e feições associadas (lagoas e leques), bem como a análise dos cursos fluviais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKLAS Jr R, ETCHEBEHERE ML & CASADO FC. Análise de perfis de drenagens do município de Guarulhos para detecção de deformações neotectônicas. **Revista UnG Geociências**, v. 8, n. 6, p. 64-77, 2003.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2009. **Geo Brasil - Recursos Hídricos**. Brasília, Resumo Executivo, 60 p.

ARENAS-IBARRA JA. **Aplicações fluviológicas na planície do alto rio Paraná (PR-MS)**. Maringá, 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá.

ASSINE ML. Ambientes de leques aluviais. In: PEDREIRA AJ, ARAGÃO MANF, MAGALHÃES AJ. (Org.). **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil**, São Paulo: Editora Beca, 2008, p. 52-71.

BIGARELLA JJ & ANDRADE GO. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. In: WRIGHT JR., H. E.; FREY, D. **International Studies on the quaternary**. New York: Geological Society of America, p. 443-451, 1965.

CARLSTON CW. Longitudinal slope characteristics of rivers of the mid-continent and the Atlantic east Gulf slopes. **Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology**. v. XIV, 1969.

CHEN, Y., SUNG, Q. & CHENG, K., Along- strike variations of morphotectonics features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream gradient and hypsometric analysis. **Geomorphology**, 56: 109-137, 2003.

CHEN, Y., SUNG, Q., CHEN, C. & JEAN, J., Variation in Tectonic Activities of the Central and Southwestern Foothills, Taiwan, Inferred from River Hack Profiles. **Terr. Atmos. Ocean. Sci**, Vol. 17 nº3: 563-578, 2006.

CORRADINI FA, STEVAUX JC & FACHINI MP. Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na ilha mutum, rio Paraná - PR/MS. **Geociências**, v. 27, n.3, p. 345-354, 2008.

CREMON, ÉH. **Leques aluviais na calha do rio Paraná: morfometrias e relações geomorfológicas**. Monografia do curso de Geografia. UEM. Maringá-PR, 2009.

DEMOULIN A. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). **Geomorphology**, v. 24, n. 2, p. 189-208, 1998.

ETCHEBEHERE MLC. **Terraços neo-quaternários no vale do rio do Peixe, planalto ocidental paulista: Implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro,

SP, 2000. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

ETCHEBEHERE ML, SAAD AR, FÚLVARO VJ, PERINOTTO AJ. Detection of neotectonic deformations along the Rio do Peixe Valley, Western São Paulo State, Brazil, based on the distribution of late Quaternary alluvial units. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 1, p. 109-114, 2004.

FERNANDEZ OVQ & SOUZA FILHO EE. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 43, p. 161-171, 1995.

FERNANDEZ OVQ. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR**. Rio Claro, SP, 1990. 96f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

FERREIRA SR. **Caracterização geomorfológica e sedimentológica de lagoas associadas à calha do alto rio Paraná, região de Taquaruçu (MS)**. Rio Claro, SP, 1997. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

FONTANA AC. **A cobertura pedológica e as suas relações com a gênese das depressões no Terraço Taquaruçu, MS, Brasil**. Maringá, PR, 2009. 118f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá.

FORTES E. **Geomorfologia do baixo curso do rio Ivinhema, MS: uma abordagem morfogenética e morfoestrutural**. Rio Claro, SP, 2003. 209 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

FORTES E, VOLKMER S, STEVAUX JC & MARQUES AJ. Anomalias de drenagem e controles morfotectônicos da evolução dos terraços do baixo curso do rio Ivinhema – MS. **Geociências**, v. 26, p. 249-261, 2007.

FUJITA RH. **O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos**. Maringá, PR, 2009. 118f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá.

FUJITA, R. H.; GON, P. P.; STEVAUX, J. C.; SANTOS, M. L.; ETCHEBEHERE, M. L. C. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista brasileira de Geociências**, 2011.

FÚLFARO, VJ.; SAAD, AR.; SANTOS, MV. & VIANNA, RB. Comportamento e evolução tectônica da bacia do Paraná. **Rev. Bras. Geociências**, v.12, n.4, p.590-611. 1982

GASPARETTO NVL. **As formações superficiais donoroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá.** São Paulo, SP, 1999. 185f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

GON PP. **Morfologia e hidrodinâmica em rios multicanaís (“anabranching”): exemplo do alto rio Paraná** Rio Claro, SP, 2012. 57f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

GORNITZ V&SEEBER L. Vertical crustal movements along the East Coast, North America, from historic and Late Holocene sea level data. **Tectonophysics**, v.178, p. 127-150, 1990.

GOUDIE, AS. **Encyclopedia of Geomorphology**. vol.1. Routledge., 2004.

GUEDES IC, SANTONI GC, ETCHEBEHERE MLC, STEVAUX JC, MORALES N & SAAD AC. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Inácio(SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista UNG - Geociências**, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.

GUEDES IC. **Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, SP, para detecção de deformações neotectônicas.** Guarulhos, SP, 2008. 118f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos.

GUERREIRO RL. **Evolução geomorfológica e paleoambiental dos terraços da margem esquerda do Alto Rio Paraná.** Rio Claro, SP, 2011. 71f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. Geol. Survey, **Jour. Research**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HAYAKAWA EH. **Análise da variabilidade espacial e temporal dos sedimentos suspensos do Alto rio Paraná via imagens orbitais: região de porto São José - PR.** Maringá, PR, 2007. 78f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá.

IRIONDO MH & SCOTTA EA. A comparision between the Amazon and Paraná River Systems. **Mitteilung der Geologisch-Paleontologisches.** Inst. Universitat Hamburg, p. 77-92, 1988.

JABUR, I C. 1992. **Análise paleoambiental do Quaternário superior na bacia do alto rio Paraná.** Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, 184p.

JUSTUS IO. **Subsídios para interpretação morfogenética através da utilização de imagens de radar.** Salvador, BA, 1985. 204f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia.

JUSTUS JO, BRASIL AE & HERRMAN ML. Projeto Geomorfologia. In. **RADAMBRASIL**, 1985, folha SF 22 Paranapanema. Rio de Janeiro.

KASHIMOTO EM. & MARTINS GR. Archaeology of the Holocene in the upper Paraná River, Mato Grosso do Sul State Brazil. **Quaternary International**, v. 114, p. 67-86, 2004.

KRAMER VMS & STEVAUX JC. Mudanças climáticas na região de Taquarussu (MS) durante o Holoceno. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 48, p. 79-91, 2001.

LEOPOLD LB, WOLMAN MG & MILLER JP. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco and London, Freeman, 522pp. 1964.

LIMA, AG., Índice de gradiente de canal: significados e diretrizes para aplicação. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 4, n. 2, p. 680-692, jul./dec. 2013.

MARTINEZ M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: O perfil longitudinal**. Maringá, PR, 2004. Dissertação (Mestrado em análise regional e ambiental)- Universidade Estadual de Maringá.

MARTINS DP. **Dinâmica das formas de leito e transporte de carga de fundo no alto rio Paraná**. Maringá, PR, 2004. 62f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá.

MONTGOMERY DR. Process domains and the river continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 35, n. 2, p. 397-410, 1999.

MORAIS, E. **Evolução da Planície de Inundação e Confluência do rio Ivaí e do rio Paraná na Região do Pontal do Tigre, Icaraíma - PR: Uma Abordagem Geomorfológica**. . Dissertação (Mestrado em análise regional e ambiental) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

NANSON GC & CROCKE JC. A genetic classification of floodplain. **Geomorphology**, v.4, p.459-486, 1992.

NOGUEIRA Jr. J. **Possibilidades de colmatção química dos filtros e drenos da barragem de Porto Primavera (SP) por compostos de ferro**. São Paulo, SP, 1988. 225f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA JHM & CHAVES JM. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno NE da Bahia. **Mercator**, v. 9, n. 20, 2010.

ORFEO O & STEVAUX JC. Hydraulic and morphological characteristics of the middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). **Geomorphology**, v. 44, n. 34, p. 309-322, 2002.

PAISANI JC. Estrutura de dissipação: uma revisão conceitual. **Pesquisas em Geociências**, v. 28, n. 2, p. 133-140, 2011.

PAROLIN M & STEVAUX JC. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa em Geociências**, v. 28, n. 2, p. 233-243, 2001.

PAROLIN M. **Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul**. Maringá, PR, 2006. 120 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Maringá.

PHILLIPS JD. & LUTZ JD. Profile convexities in bedrock and alluvial streams. **Geomorphology**, v. 102, p. 554-566, 2008.

POP JH & BIGARELLA JJ. Formações cenozoicas do noroeste do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 47, p. 456-472, 1975.

POTTER PE & STEVAUX JC. **Stratigraphy and sedimentation of the alluvian plain of the Paraná River, State of Paraná, Brazil: Comprehensive, three-dimensional sedimentary model for a tropical river**. Washington D.C., 1988. 9p. Aporposal to the Petroleum Research Fund.; American Chemical Society.

POTTER PE. How old is the Paraná River? How old are the South American's Rivers. In. **Congresso Brasileiro de Geologia**, 1994, Camburiú, Anais... Camburiú, 1994, p. 198.

ROCHA PC, SOUZA FILHO EE& FERNANDEZ OVQ. Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no alto rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 46, n. 1, p. 117-122, 1998.

SALLUN AEM, SUGUIO K& STEVAUX JC. Proposição formal do Alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Geol. USP, Sér. cient**, p. 49-70, 2007.

SALLUN AEM. **Aloformação Paranavaí: depósitos coluviais quaternários da bacia hidrográfica do alto rio Paraná (SP, PR e MS)**. São Paulo, SP, 2007. 176f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SALLUN, AEM; SUGUIO, K.; STEVAUX, JC Proposição formal do Alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS) **Geologia USP: Série Científica**, v. 7, n. 2, 2007. **Geologia USP: Série Científica**, v. 7, n. 2, p. 49-70, 2007.

SANTOS ML & STEVAUX JC. Fácies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the Upper Paraná River. **Quaternary International**, v. 72. p. 87-94, 2000.

SANTOS MD, STEVAUX JC, GASPARETTO NVL & SOUZA FILHO EE. Geologia e geomorfologia da planície aluvial do rio Ivaí-PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, p. 23-34, 2008.

SANTOS LJC, OKA-FIORI C, CANALI NE, FIORI AP, SILVEIRA CT, SILVA JMF & ROSS JLS. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS ML, FERNANDEZ OVQ & STEVAUX JC. Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná. **Boletim de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá, v. 10, n. 1, p. 11-24, 1992.

SANTOS ML. **Estratigrafia e evolução do sistema siliciclástico do rio Paraná no seu curso superior: ênfase à arquitetura dos depósitos, variação longitudinal das fácies e processos sedimentares**. Porto Alegre, RS, 1997. 145f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS ML. Unidades Geomorfológicas e depósitos Sedimentares Associados no sistema Fluvial do rio Paraná, no seu Curso Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, p. 85-96, 2005.

SEEBER, L & GORNITZ, V., River profile along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, 92: 335-367, 1983.

SILVA SA. Mecanismos de Transmissão de Fluxos de Água e Sedimentos em dois Grandes Rios Aluviais Impactados pela Atividade Humana: o Araguaia eo Paraná. Maringá, PR, 2007. 136f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá.

SOUZA FILHO EE. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. São Paulo, SP, 1993. 180f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

SOUZA FILHO & RIGON, 2009 - SOUZA FILHO, E.E. & RIGON, B.T.C. -2009- Avaliação da velocidade de deslocamento de barras fluviais do rio Paraná por meio de imagens CBERS/CCD. Encaminhado para a **Revista Brasileira de Geomorfologia**, inédito, 17 pp.

SOUZA FILHO EE; STEVAUX JC. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: VAZZOLER AEAM, AGOSTINHO AA& HAHN NS. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, p. 3-46, 1997.

SOUZA JUNIOR, MD. **Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, curso inferior**. Dissertação (Mestrado em análise regional e ambiental) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2012.

STEVAUX JC & SANTOS ML. Palaeohydrology changes in the upper Paraná river during the Late Quaternary: a facies approach. In: BENITO, G.; BAKER, V. R.;

GREGORY, K. J. (Org.) **Palaeohydrology and environmental change**. Londres: Wiley & Sons, 1998. p. 273-298.

STEVAUX JC, MARTINS DP, MEURER M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. **Geomorphology**, v. 113, n. 3, p. 230-238, 2009.

STEVAUX JC, SOUZA FILHO EE, JABUR IC, VAZZOLER AEAM & AGOSTINHO AA. A história quaternária do rio Paraná em seu alto curso. In: VAZZOLER AEAM, AGOSTINHO AA & HAHN NS. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, p. 47-72, 1997.

STEVAUX JC, SOUZA FILHO EE, MEDEANIC S & YAMSKIKH G. The Quaternary history of the Paraná river and its floodplain. In: THOMAS, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. **The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Netherlands: Backhuys Publishers, p. 31-53, 2004.

STEVAUX JC. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 72, p. 73-85, 2000.

STEVAUX JC. **O Rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária de seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. São Paulo, SP, 1993. 242 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

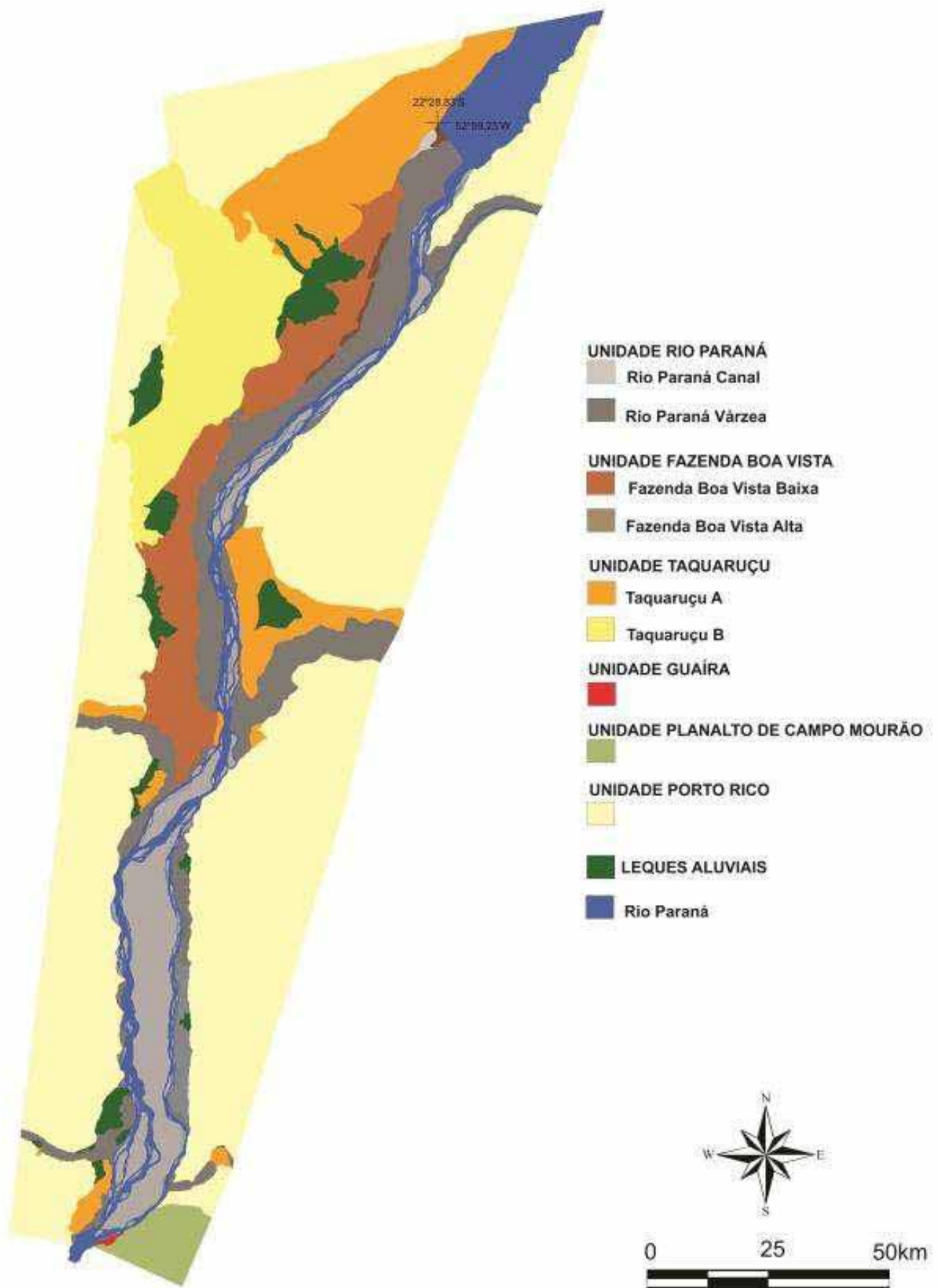
STEVAUX JC. Upper Paraná River (Brazil) geomorphology and paleoclimatology. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 21, p. 143-161, 1994.

SUGUIO K, NOGUEIRA Jr J, TANUGUCHI H & VASCONCELLOS ML. Quaternário no rio Paraná em pontal do Paranapanema: proposta de um modelo de sedimentação. In. **Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, 1984. p. 10-18.

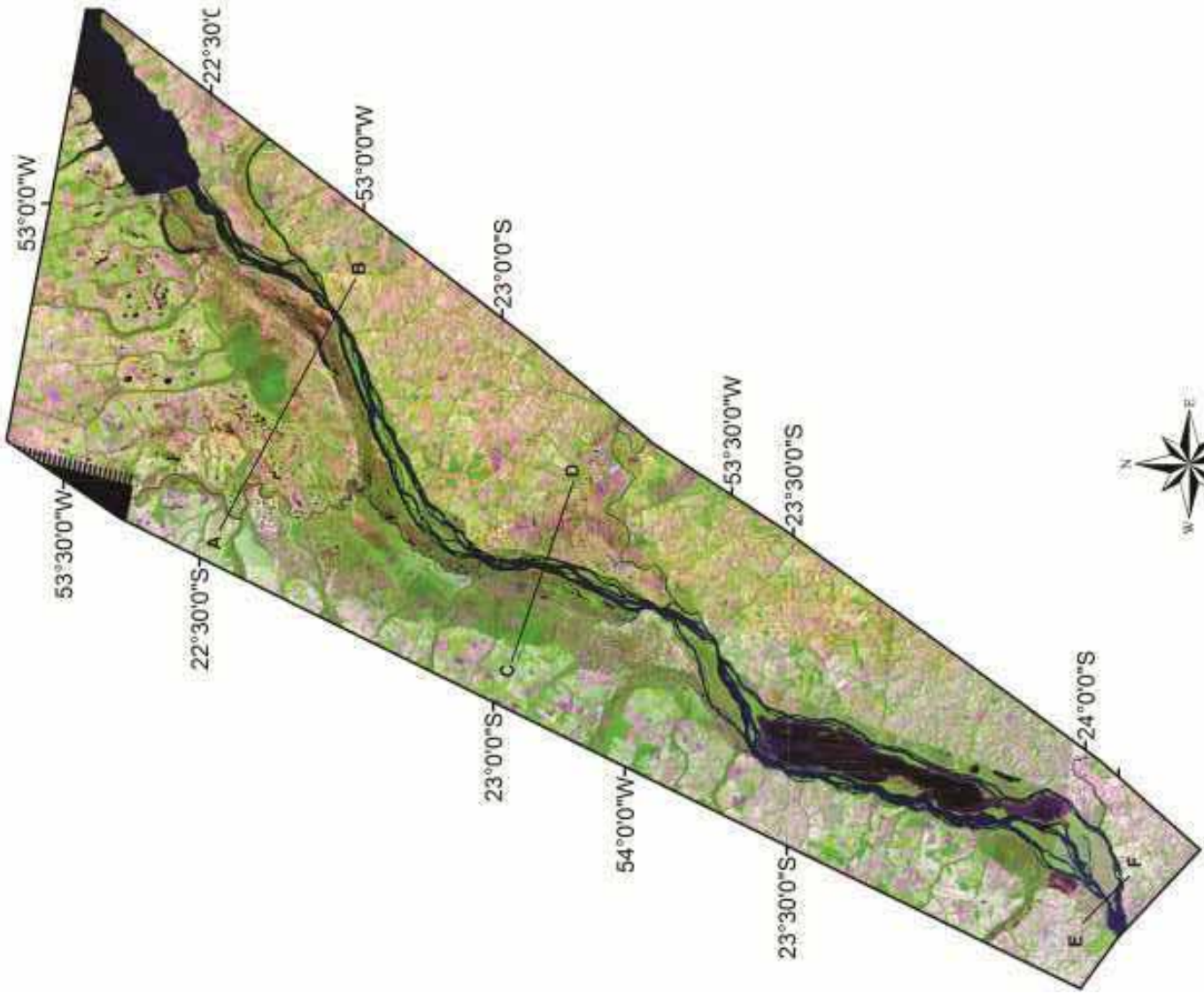
SUGUIO K. **Formação Bauru: calcários e sedimentos detríticos associados**. São Paulo, SP, 1973. 236 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

VOLKOV, N.G., SOKOLOVSKY, I.L. & SUBBOTIN, A.I., Effect of recent crustal movements on the shape of longitudinal profiles and water levels in river. **General Assembly of Bern International Association of the Scientific Hydrology**, 1967.

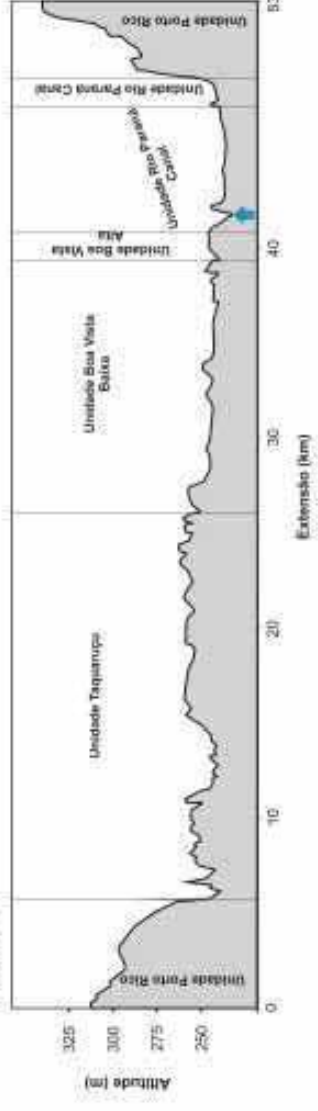
APENDICES



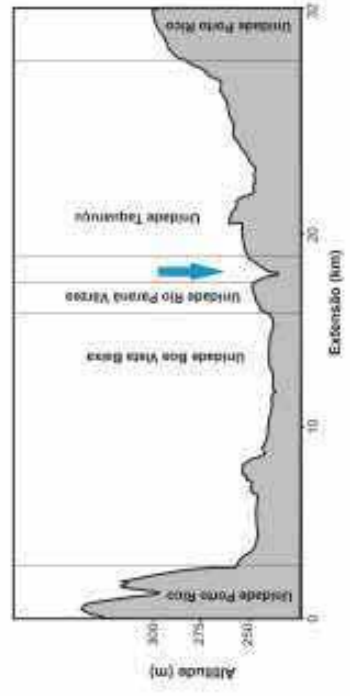
Elaboração: FUJITA, R.H., 2013.



PERFIL A-B



PERFIL C-D



PERFIL E-F

